

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«Харьковский политехнический институт»

**А. А. Ларин**  
**Л. В. Иванов**

# **История развития локомотивостроения**

**учебное пособие**  
по курсу истории науки и техники  
для студентов машиностроительных специальностей



Харьков 2019

УДК [50 (091)+62]: [008+37]

Л25

*Одобрено решением ученого совета Национального технического университета «ХПИ», протокол № 9 от 01.11.2019 г.*

Рецензенты: *В. Г. Маслиев*, д-р техн. наук, проф. (Национальный технический университет «ХПИ»)  
*В. Н. Скляр*, д-р ист. наук, проф. (Национальный технический университет «ХПИ»)

Учебное пособие предназначено в первую очередь для студентов НТУ «ХПИ», чьи специальности связаны с железнодорожным транспортом, однако оно может быть интересно студентам других специальностей технических вузов, изучающих курс истории науки и техники, а также научным сотрудникам, аспирантам, и всем тем, кто интересуется историей развития науки и техники.

Л25 Ларин А. А. История развития локомотивостроения : учеб. пособие для студентов НТУ «ХПИ» / А. А. Ларин, Л. В. Иванов; Харьковский политехнический ин-т, нац. техн. ун-т. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2019. – 154 с.

Навчальний посібник призначений в першу чергу для студентів НТУ «ХПІ», чії спеціальності пов'язані з залізничним транспортом, проте воно може бути цікаво студентам інших спеціальностей технічних вузів, які вивчають курс історії науки і техніки, а також науковим співробітникам, аспірантам, і всім тим, хто цікавиться історією розвитку науки і техніки.

УДК [50 (091)+62]: [008+37]

© А. А. Ларин, 2019  
© Л. В. Иванов, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Предпосылки создания железнодорожного транспорта .....	8
2. Начало строительства железных дорог .....	18
3. Эпоха пара .....	35
4. Электрификация железных дорог .....	60
5. Развитие тепловозостроения .....	85
6. Тепловозостроение Украины .....	107
7. Газотурбовозы .....	127
8. Кафедра электрического транспорта и тепловозостроения НТУ «ХПИ» .....	141

## ВВЕДЕНИЕ

Локомотивом называют самоходный рельсовый экипаж, предназначенный для передвижения поездов, состоящих из несамоходных вагонов. При этом сам локомотив не предназначен для перевозки пассажиров, груза или выполнения какой-либо иной работы.

По типу энергетической установки локомотивы можно разделить на такие виды:

**паровозы** – оснащенные поршневыми паровыми машинами;

**тепловозы** – с двигателями внутреннего сгорания, как правило, дизельными мощностью более 150 л.с. Тепловозы могут иметь различные типы передачи – электрическую, механическую или гидравлическую;

**электровозы** – с тяговыми электродвигателями, получающими энергию из контактной сети;

**газотурбовозы** – отличается от тепловоза газотурбинным двигателем;

**мотовозы** – с бензиновым или дизельным двигателем, мощностью до 150 л.с. и механической передачей;

для работы на неэлектрифицированных путях применяются **аккумуляторные** и **контактно-аккумуляторные электровозы**, получающие энергию от контактной сети или другим способом и запаасающие ее в аккумуляторах.

**Электротепловозы** – локомотивы с комбинированной силовой установкой, тяговые электродвигатели которых могут получать энергию как из контактной сети, так и от собственного двигателя внутреннего сгорания;

в шахтах или в помещениях цехов, в условиях повышенной взрывоопасности, где исключено использование электрификации, двигателей внутреннего сгорания и паровых двигателей применяются **гировозы**, не имеющие собственного двигателя, а запаасающие кинетическую энергию во вращающемся маховике, а



также **пневматические локомотивы**, запасавшие энергию в виде потенциальной энергии сжатого воздуха в резервуаре высокого давления. По конструкции машины они похожи на паровозы.

По назначению локомотивы можно разделить на магистральные, маневровые и промышленные.

**Магистральные** водят поезда на дальние расстояния. В свою очередь они делятся на **грузовые**, имеющие большую силу тяги и **пассажирские**, у которых выше скорость вождения поездов.

**Маневровые** предназначены для маневровых работ на станциях и подъездных путях, то есть для выполнения всех передвижений вагонов по станционным путям, формирования и расформирования поездов, подачи вагонов к местам погрузки, на ремонтные пути, или в парк.

**Промышленные** локомотивы предназначены для выполнения работ на железнодорожных путях промышленных предприятий,строек, открытых горных разработок, карьеров и др.

История развития локомотивов насчитывает немногим более 200 лет, а история железных дорог и того меньше.

Первый паровоз был построен в 1803 году Ричардом Тревитиком. Первая в мире железная дорога общественного пользования была открыта в 1825 году. После 1830 года в Великобритании началось масштабное строительство железных дорог. Вскоре их стали строить сразу в нескольких государствах Европы и в Америке.

В первый период своего развития паровозы и железнодорожные пути преодолели многочисленные трудности, не только технические, но и психологические. В результате железнодорожный транспорт получил высокую экономическую эффективность при перевозке, как грузов, так и пассажиров. Перевозки по железной дороге не зависят от погоды и от сезона, обеспечивают высокий комфорт для пассажиров. Железнодорожный транспорт

позволил оптимально размещать промышленные предприятия, которые ранее концентрировались в основном по берегам рек. Таким образом, наряду с применением стационарных паровых машин в качестве источника энергии, железнодорожный транспорт произвел переворот в развитии цивилизации. Не случайно XIX век называют веком пара, электричества и железных дорог, а паровоз на столетие стал символом прогресса и технической мощи.

В середине XX века на смену паровозам пришли тепловозы и электровозы. Эволюция локомотива представляет собой сложный исторический процесс, тесно связанный с развитием других видов техники, а также науки и всего общества в целом.

Развитие локомотива можно разделить на такие периоды:

1. Подготовительный, начинающийся с промышленной революции XVIII века до 1803 года, когда был создан первый паровоз. В этот период созданы рельсовые пути, паровая машина, пригодная для установки на транспортные средства и сухопутные паровые экипажи. Оставалось только совместить это в одном изделии.

2. Период становления паровоза (1803 – 1850-е годы). В это время локомотив на паровой тяге проходит путь от примитивного, неэкономичного, опасного в применении, до достаточно надежного транспортного средства. Начинается строительство железных дорог. В паровоз вводятся многочисленные усовершенствования, и к концу данного периода он приобретает привычный для нас вид. К 1850-м годам появляются паровозы с двумя и тремя ведущими осями и происходит разделение на пассажирские и грузовые локомотивы.

3. Век пара (1850-е – 1950-е годы). Развитие сети железных дорог и необходимость повышения их пропускной способности требует повышения мощности, силы тяги и скорости паровозов. Происходит переход к паровозам с четырьмя, пятью и даже более

ведущими осями. Для повышения мощности и для горных дорог с малыми радиусами поворотов были сконструированы сочлененные паровозы. К концу 1930-х годов паровозы достигли предельно допустимой для того времени степени совершенства. Однако, наряду с многими достоинствами, к которым относятся простота конструкции, многотопливность, хорошие тяговые характеристики на малой скорости и при трогании с места, паровоз имеет и целый ряд недостатков. К ним, в первую очередь относятся низкий КПД, вредные выхлопы и трудность управления.

Поэтому наряду с совершенствованием паровоза происходил процесс создания локомотивов с двигателями внутреннего сгорания или электромоторами.

Для тепловозов это был период выбора типа двигателя, которым стал дизель, а также вида передачи вращения от двигателя к ведущим колесам. В результате появились три вида передачи: электрическая, механическая и гидравлическая.

Для электровозов это было время выбора систем тока — переменный или постоянный, а также напряжения в сети и способов подвода питания к локомотиву.

К концу периода были созданные вполне работоспособные локомотивы новых видов тяги.

5. Переход на новые виды тяги (1950-е — 1970-е годы). Производство паровозов было прекращено в большинстве стран в конце 1950-х годов, в течение следующих 20 лет большинство из них было выведено из эксплуатации.

В 1960-е годы выработаны основные конструктивные и компоновочные схемы электровозов и тепловозов. появляются многосекционные локомотивы, управляемые из одной кабины. Мощность и сила тяги новых локомотивов в одной секции превосходит эти показатели у паровозов.

Попытки внедрить на железных дорогах локомотивы с газотурбинными силовыми установками успехом не увенчались, а

что касается атомных локомотивов, то они остались только в виде фантастических проектов.

#### 6. Современный период (с 1980-х годов).

Происходит неуклонный рост секционной мощности тепловозов и электровозов с целью повышения скорости движения и экономических показателей. Особое внимание обращается на автоматизацию работы агрегатов локомотива и его управления. Вводятся встроенные системы диагностики технического состояния. Существенно повышается комфортность работы локомотивной бригады, что позволяет также минимизировать риск от так называемого «человеческого фактора» в обеспечении безопасности вождения поездов.

К началу XXI века протяженность железных дорог в мире достигла 1,3 млн. км. Напомним, что расстояние от Земли до Луны в три раза меньше. Кроме этого еще 1 млн. км путей относится к промышленному рельсовому транспорту, который служит для перевозки грузов внутри предприятий, в карьерах, шахтах и т.д.

## **1. ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

К моменту появления железных дорог в начале XIX века основные их составляющие – паровая машина и рельсовый путь уже достигли определенного уровня развития.

### **1.1. Создание паровой машины**

В конце XVII века, когда началось бурное развитие горнодобывающей, металлургической, металлообрабатывающей, станкостроительной и других отраслей производства возникла острая потребность в значительно более мощных источниках механической энергии, чем мускульная сила людей и животных, энергия воды и ветра. Внимание изобретателей обратилось к движущей силе пара или огня. Так в сочинении французского архитектора **Саломона де Ко** (1615 г.) говорится о возможности подъема воды посредством действия огня. В 1629 году итальянский математик и инженер Джованни Бранка предложил проект турбины в виде укрепленного на вертикальной оси диска с лопатками, вращаемого струей пара, которая подводилась по касательной к диску. Турбина Бранка предназначалась для привода ткацких станков, однако вследствие малой производительности и очень низкой экономичности она не получила промышленного применения. В дальнейшем принцип работы колеса Бранка лег в основу активных паровых турбин.

Применение паровых турбин являлось очень заманчивым, так как в них сразу получается равномерное вращательное движение ротора, и нет необходимости в механизмах, преобразующих поступательное движение поршня во вращательное вала, как это происходит в паровых машинах и ДВС. Однако изготовление паровой турбины возможно только при высоком уровне технологии, наличии специальных материалов и методов очень точной обработки металлов. Кроме того, создание паровой турбины требует знания свойств пара и законов его истечения. Без всего перечисленного КПД паровых турбин находился на чрезвычайно низком уровне, и они могли играть только роль занимательных игрушек.

По этим причинам изобретатели занялись созданием более простой в изготовлении поршневой паровой машины. Открытие атмосферного давления и научно поставленные опыты Э. Торричелли, Б. Паскаля и О. фон Герике побудили использовать его в качестве движущей силы. Для этого необходимо было создать в цилиндре, снабженном поршнем, разрежение. Поршень в этот момент должен находиться в крайнем положении и совершить ход под давлением воздуха. Это и легло в основу создания атмосферных машин.

Первые предложения таких машин принадлежат аббату **Готфрейлю** и **Х. Гюйгенсу** (1681). Для создания разрежения они намеревались использовать не пар, а взрывы пороха внутри рабочего цилиндра и считаются пионерами, выдвинувшими идею ДВС.

**Дени Папен**, работавший у Гюйгенса ассистентом, убедился в опасности и неудобстве использования пороха и предложил осуществлять разрежение с помощью водяного пара.

Недостатком машины Папена было также объединение в цилиндре функций котла, цилиндра и конденсатора. А заслугой Папена является изобретение предохранительного клапана для парового котла, позволяющего регулировать давление пара.

Из всех проблем, стоящих перед изобретателями, наиболее острой была тогда проблема откачки воды из шахт, глубина которых становилась все больше. Первым успеха добился

английский механик и изобретатель **Томас Севери** (1650 – 1715). В 1698 году он изобрел работающий без поршня паровой насос, предназначенный для откачки воды из шахт.

Более радикально проблему откачки воды из шахт решил **Томас Ньюкомен** (1663 – 1729). Машина, созданная им в 1707 году, представляет собой искусную комбинацию идей Севери и Папена. В ней пар приготавливался в отдельном котле, а поршневой двигатель был отделен от откачивающего воду поршневого насоса. Система клапанов регулировала поступление пара и воды в цилиндры. Эти машины широко применялись, имели потрясающую надежность и служили по сто лет и более.

Хотя паровые насосы успешно работали, однако промышленность все более остро нуждалась в универсальном двигателе, не зависящем, как водяные колеса, от места или, как ветряные, от погоды. Слава создания первого универсального паропоршневого двигателя досталась англичанину Дж. Уатту. В 1769 году он получил патент на усовершенствования ньюкоменовской водоподъемной машины: отделение конденсатора от цилиндра и использование в качестве движущей силы вместо атмосферного давления упругости пара, подаваемого сверху поршня. При этом, в отличие от пароатмосферных машин, цилиндр сохранялся все время горячим и даже изолировался материалом, плохо проводящим тепло.

Несмотря на получение патента, дело постройки машины из-за финансовых и других трудностей не продвигалось, пока за него в 1773 году не взялся новый инвестор **Мэттью Болтон** (1728 – 1809). В результате в 1774 г. машина была построена. Ее испытания показали хорошие эксплуатационные качества машины и в два раза меньший расход топлива по сравнению с машиной Ньюкомена.

В 1782 году Уатт взял патент на расширение пара в цилиндре паровой машины, которое, однако, не сразу нашло применение на практике в силу отсутствия достаточно подготовленных машинистов. Тогда же изобретатель занялся более важным вопросом – созданием машины с непрерывным вращением. Поскольку применение кривошипно-шатунного механизма в паровых машинах

было защищено патентом, Уатт применил балансир и планетарную передачу. Для обеспечения непрерывного хода он также ввел двойное действие (пар поочередно поступал сверху и снизу поршня), золотниковое парораспределение и маховое колесо. В 1784 году Уатт конструирует двухцилиндровую машину.

Для режима автоматического поддержания работы машины Уатт в 1788 году предложил центробежный регулятор оборотов. Это одно из важнейших его изобретений. Центробежные регуляторы и в настоящее время являются обязательной принадлежностью любого ДВС или турбины.

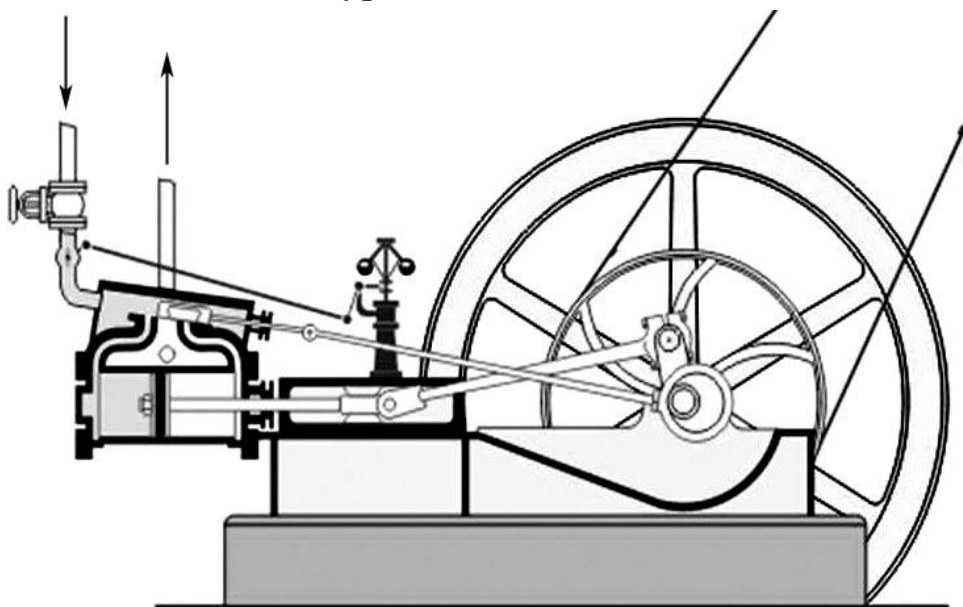


Рис. 1.1. Универсальная паровая машина Джеймса Уатта

Машины Уатта получили широкое признание. Если за 70 лет (с 1699 по 1769 гг.) пароатмосферных машин было изготовлено около 140, то за 10 лет (с 1775 по 1785 гг.) машин на заводе Болтона – Уатта выпущено 66 единиц. Создание Уаттом машин двойного действия с непрерывным вращением способствовало еще более быстрому их распространению. В XIX веке темпы строительства паровых машин выросли на порядок. В 1826 году в Великобритании насчитывалось уже 1500 машин общей мощностью 80 000 л.с.

Производство паровых машин было не только большим достижением в области энергетики. Это был шаг вперед и в маши-



ностроении. При проектировании новых машин Уатт пользовался выработанными им эмпирическими формулами. Кроме того завод Болтона – Уатта стал первым в мире специализированным заводом. На нем с самого начала стремились к возможно более точному изготовлению деталей. Это в основном заслуга М. Болтона, который выработал правила производства деталей и внедрял их не только у себя, но и на других заводах, изготовляющих комплектующие паровых машин. В 1779 году была выработана инструкция по сборке машин с рисунками и подробным порядком установки каждой ее части. В 1784 году появляются и правила по уходу за машиной непрерывного вращательного движения.

В XIX веке паровые машины находят широкое применение не только в промышленности, но и на транспорте. Следует отметить, что пока не была создана универсальная паровая машина Уатта, все попытки построить судно или наземное транспортное средство, движимое силой пара, либо оставались на бумаге, либо приводили к неудаче. Больших успехов достигло строительство паровых машин в США. Развитие американских машин с самого начала пошло по пути, отличному от европейского. Уже в конце XVIII века там создается машина высокого давления Эванса. В начале XIX века в США строятся оригинальные пароходные машины. В 1830-х гг. там строятся паровозы, существенно отличающиеся от европейских.

## **1.2. Создание рельсового пути**

Прообразом рельсового пути были борозды, которые выдалбливали рабы Древней Греции в каменных дорожных покрытиях для лучшего управления движением повозок, которые они толкали вручную.

В XVI веке в Европе на шахтах и рудниках начинают применять рельсовые пути. Поначалу они представляли собой два ряда деревянных брусьев, по которым перемещались тележки с грузом. Их колеса имели желоба для предотвращения схода с направляющих брусьев.



Рис. 1.2. Шахтный деревянный рельсовый путь и вагонетка, Германия, XVI век. Немецкий технический музей

В 1767 году англичанин Рейнолдс применил чугунные рельсы, которые прибивали к продольным брускам. Поскольку с такого пути вагонетки часто сходили, в 1776 году Кюр применил в качестве рельсов чугунные уголки с высокими боковыми краями. Такие колеиные дороги получили в Англии широкое распространение и перевозили не только грузы, но и пассажиров. Составы из нескольких вагонов тянули лошади, которые могли двигаться и вне колеи. Использовался этот вид транспорта вплоть до начала XX века.

В 1789 году англичанин Джессоп ввел в употребление рельсы грибовидного сечения, которые скреплялись особыми чугунными подушками. Рельсы отливались из чугуна, имели «рыбовидную» форму, т.е. неравномерную толщину и укладывались на каменные опоры. Колеса снабжались ребордами (закраинами). В результате был создан путь, обеспечивающий безопасное движение со значительной скоростью.

На протяжении нескольких десятилетий рельсы укладывали на каменные опоры. Это очень хорошо подходило для движения вагонеток на конной тяге. При переходе на паровую тягу езда по дороге с каменными опорами стала слишком некомфортной. К тому

же жесткие каменные опоры приводили к повышенному износу рельсов и вагонов. Тогда путь сделали более упругим, укладывая деревянные шпалы на каменный балласт. В результате железная дорога приобрела вид, почти без изменений сохранившийся до наших дней.

Дальнейший прогресс заключался только в усовершенствовании рельсов. Поскольку хрупкие чугунные рельсы часто ломались, их заменили на железные. В 1803 году в Ньюкасле изготовили рельсы из полосового железа. В 1820 году Биркиншоу изобрел валки для прокатки рельсов с головками из пудлингового железа. Однако он придавал рельсам рыбовидную форму, подгоняя их под конструкцию Джесопа, что делалось вручную и очень удорожало производство. Но вскоре рельсы стали делать одинакового сечения по всей длине, что было значительно дешевле.

Таким образом, рельсовый путь был создан к концу XVIII века еще до изобретения паровоза. По этому пути осуществлялись регулярные грузовые и пассажирские перевозки на конной тяге. Из грузовых вагонеток и пассажирских экипажей даже составляли небольшие поезда. С появлением паровой тяги рельсовый путь совершенствовался. В 1830 году американец Стивенс предложил конфигурацию рельса, у которого верхняя часть была в форме гриба, а нижняя – подошва делалась плоской и расширенной. Эта форма рельса сохранилась до нашего времени. В Европе рельс Стивенса получил распространение благодаря Виньолю, отчего и получил наименование виньолевского.

В 1837 году Лок предложил симметричный двухголовый рельс, срок эксплуатации которого был в два раза больше, поскольку после износа одной стороны он переворачивался на другую, служившую до этого опорой. Этот рельс получил название стефеновского, поскольку именно его применил Джордж Стефенсон на первых железных дорогах. Виньолевский рельс широко применялся во всем мире, а в Великобритании до 1930-х годов применялся стефеновский. Постепенно на широкоподошвенный рельс перешли и там. С развитием металлургии в 1860-е годы рельсы стали делать из стали.

### 1.3. Паровые повозки

Параллельно развивались и сухопутные транспортные средства с паровым двигателем. Первое действующее паровое транспортное средство создал в 1769 году французский офицер – капитан артиллерии **Николя Жозеф Кюньо** (1725 – 1804). Деревянная повозка предназначалась для перевозки тяжелых орудий. Она имела три колеса, небольшой паровой котел и машину с вертикальным паровым цилиндром. Переднее управляемое колесо было ведущим и снабжалось зубцами. Повозка двигалась без остановки только 15 минут и проходила за это время 1000 м, после чего нужно было останавливаться и заправлять котел.

Двигатель повозки Кюньо имел малую мощность из-за низкого давления в цилиндре. Повозку испытывали на улицах Парижа в 1770 году. Но уже при первых опытах машинист не справился с управлением, и повозка ударилась о стену дома. После аварии была признана опасной и сдана в музей. И хотя государство оплатило Кюньо расходы на постройку его повозки, дальнейшего развития эта идея не получила. Одной из причин этого следует признать маломощность парового двигателя низкого давления.



Рис. 1.3. Паровая повозка Кюньо

Несмотря на то, что сам изобретатель паровой машины Дж. Уатт скептически относился к повышению давления пара и идее создания паровых транспортных средств, его помощник

инженер **Мёрдок** повысил давление в котле, что позволило уменьшить габариты машины. В 1784 году он даже построил небольшую паровую повозку, которая могла двигаться в два раза быстрее пешехода.

В том же 1784 году в американский изобретатель **Оливер Эванс** совместил бойлер и двигатель в одном устройстве и создал малогабаритную паровую машину высокого давления (10 атм.), которая могла устанавливаться на небольших транспортных средствах.

В 1801 году английский инженер ученик Мёрдока **Ричард Тревитик** со своим двоюродным братом Эндрю Вивианом построил карету с паровым двигателем, которую продемонстрировал на улицах города Кэмборна. «Пыхтящий дьявол» имел огромные задние колеса, которые приводились в движение одноцилиндровой паровой машиной с давлением 9,5 атм. и горизонтально расположенным цилиндром. Автомобиль вмещал восемь пассажиров, но ходил только на небольшие расстояния из-за отсутствия возможности регулярно подавать топливо в котел. Через три дня эксплуатации по недосмотру у машины расплавился котел, и она вышла из строя. Восстанавливать автомобиль Тревитик не стал, а построил аналогичный в Лондоне.

Лондонский паровой экипаж привлек большое внимание публики, но оказался очень неудобным по сравнению с обычными каретами для посадки и высадки пассажиров. К тому же машина имела беспокойный ход. В связи с отсутствием привычного комфорта, который предоставляли привычные кареты на конной тяге, паровой экипаж Тревитика был на некоторое время забыт. Оригинала его не сохранилось, а в музее демонстрируется реконструкция (см. рис. 1.4).

Однако идея паровых транспортных средств не была забыта. Уже в 1829 году паровые омнибусы стали самым быстрым пассажирским транспортом, развивая на обычных шоссе дорогах скорость 24 км/ч. Опасаясь конкуренции, в 1865 году владельцы железных дорог и конных дилижансов добились



принятия закона, ограничивающего скорость паровых омнибусов 7 км/ч за городом и 4 км/ч в городах. Кроме того перед экипажем должен был бежать человек с красным флажком и предупреждать всех об опасности. Этим законом развитие парового безрельсового транспорта было остановлено на три десятилетия.



Рис. 1.4. Паровой автомобиль Ричарда Тревитика.  
Реплика, выполненная по чертежам Тревитика.



Рис. 1.5. Омнибус Enterprise Уолтера Хэнкока, 1833 г.  
Скорость до 32 км/ч, запас хода 32 км

## 2. НАЧАЛО СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

### 2.1. Создание первых паровозов

По существу для создания первого паровоза все было, оставалось только поставить экипаж на рельсы, что и сделал Тревитик. Первый паровоз он построил на железоделательном заводе Самуэля Хомфри в Южном Уэльсе для замены конной тяги на рельсовой дороге, по которой возили уголь.

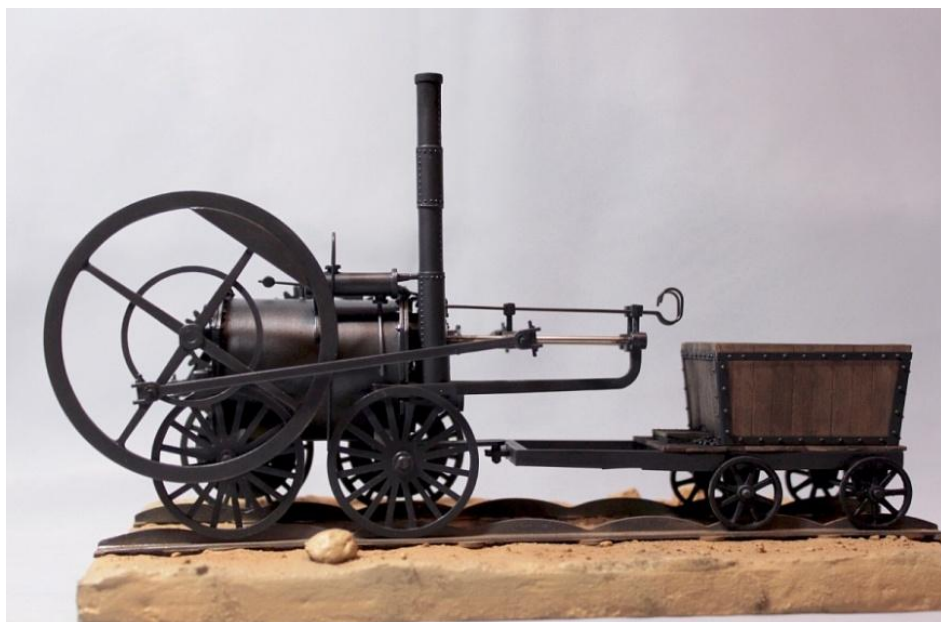


Рис. 2.1. Модель первого паровоза Тревитика

Пробный пробег паровоза был сделан в декабре 1803 года, а публичные испытания проведены 21 февраля 1804 года. Поэтому большинство авторов указывают датой создания паровоза именно

этот год. Рельсы были уголкового, поэтому колеса паровоза диаметром 1372 мм гребней не имели. Таким образом Тревитик первый опытным путем доказал, что сила трения гладких колес о гладкие рельсы вполне достаточна для движения паровоза с прицепленными к нему груженными вагонами.

Этот локомотив использовал цилиндр высокого давления без конденсатора, с использованием отработанного пара для увеличения тяги в топке, тем самым еще больше повышая эффективность механизма. Эти фундаментальные изобретения паровой машины остались неизменны до конца использования паровозов. При высоком интересе общественности он успешно перевез 10 тонн железа, 5 вагонов и 70 человек (общая масса состава 25,4 т) на дистанцию в 15,69 км со средней скоростью 8 км/ч. Однако общее время составило 4 часа и 5 минут, что было вызвано частыми остановками. Паровоз массой примерно 5 т ломал рельсы, чего не было при использовании конной тяги. Вместо того чтобы усилить рельсовый путь владелец завода Хомфри использовал его в качестве стационарной установки для откачки воды.

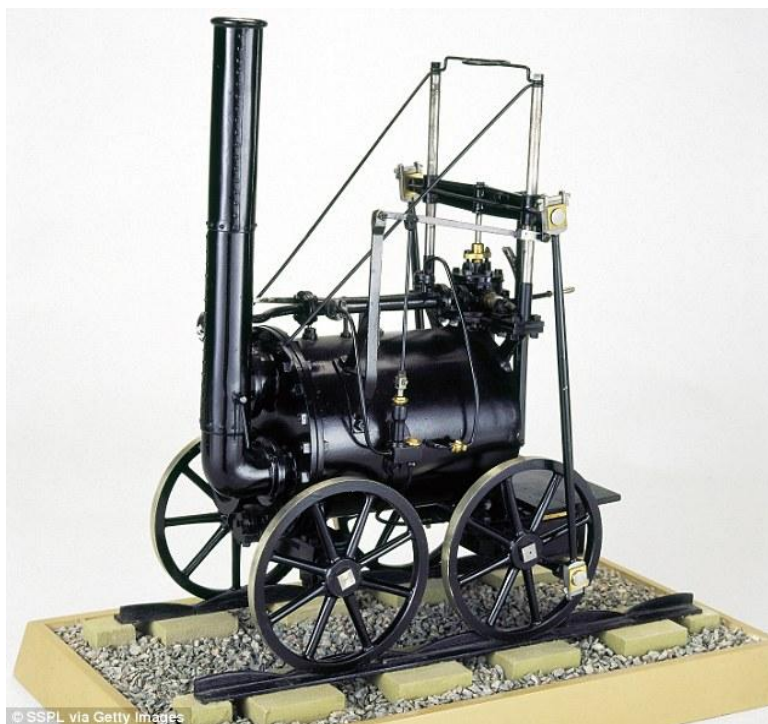


Рис. 2.2. Паровоз Тревитика «Поймай меня, кто может»



Спустя семь лет Тревитик разработал более совершенный паровоз, способный двигаться со скоростью до 30 км/ч. Название «Catch Me Who Can» («Поймай меня, кто может») было дано этой модели не случайно. В целях пропаганды паровоза Тревитик построил за свой счет кольцевую дорогу в парке, где он соревновался в скорости с лошадьми и перевозил людей ради развлечения. Однако аттракцион большим успехом у публики не пользовался и не вызвал интереса промышленников. Во время одного из заездов лопнул чугунный рельс, паровоз опрокинулся, получив серьезные повреждения. Тревитик не стал его восстанавливать, и навсегда перестал заниматься железной дорогой. Тем не менее его достижения, такие как использование высокого давления в цилиндре, выпуск отработанного пара в дымовую трубу для увеличения тяги в топке, применение гладких колес на гладких рельсах навсегда вошли в практику паровозостроения.



### *Ричард Тревитик*

(1771 – 1833)

Родился в Иллугане (Корнуолл) в семье управляющего крупным рудником. Получил среднее образование в Камборне. С детства проявлял особый интерес к паровым машинам и уже в молодости самообразованием приобрел познания в области паровой техники. Это позволило ему занимать должность инженера в различных компаниях, в том числе и в компании Болтона – Уатта.

Общаясь с учениками Уатта Мёрдоком и Вулфом, а также с американским инженером Эвансом, выдвинул идею создания машин, работающих при высоких давлениях. В 1800 году Тревитик получил патент на машину высокого давления. Освоил на практике цилиндрические паровые котлы (1815). С 1801 года начал паровые повозки. Кроме транспорта Тревитик пытается внедрить машины

высокого давления и в промышленности, и в судостроении, но не получив поддержки финансистов, разорился.

В 1816 году Тревитик по приглашению известного южноамериканского промышленника Ф. Увилля переезжает в Перу, чтобы устанавливать машины высокого давления для откачки воды на серебряных рудниках. На высоте 4200 м машины Уатта с этой работой не справлялись. В течение трех лет дела его шли хорошо, но затем началась война за независимость Испанских колоний, в которой Тревитик принял деятельное участие, сражаясь в армии Боливара. В результате он лишился не только работы, но и накопленных денег и только с помощью друзей в 1827 году смог вернуться в Англию. Там он выдвинул еще целый ряд проектов, один из которых – проект реактивной паровой турбины для корабля заинтересовал владельца завода Дж. Холла в Дартфорде (графство Кент). Ричард Тревитик перебрался туда, но через год после начала работ 22 апреля 1833 году умер от пневмонии в полной нищете.

В период 1810 – 1813 годов ряд изобретателей создали более совершенные локомотивы. В это время не все были уверены, что силы сцепления гладких колес на гладких рельсах достаточно. В 1811 году владелец угольных копей близ Лидса Бленкинсоп взял патент на зубчатый рельс. По его заказу в следующем году инженер Муррей построил паровоз «Бленкинсоп», передвигавшийся по обычным рельсам. Однако в движение его приводило зубчатое колесо, которое катилось по зубчатой рейке, расположенной рядом с рельсами. Машина паровоза имела два вертикальных цилиндра, однако отработанный пар выпускался не в дымовую трубу, а в трубку между цилиндрами.

Паровоз Муррея стал первым паровозом, введенным в постоянную эксплуатацию, и возил уголь из Мидлтона на верфь в Лидсе на расстояние 5,6 км до 1834 года, проработав 22 года. Позже было доказано, что гладкое колесо, катящееся по гладкому рельсу, в полной мере может обеспечить тягу локомотива. В настоящее время зубчатые железные дороги сохранились только на горных участках с очень большими подъемами.

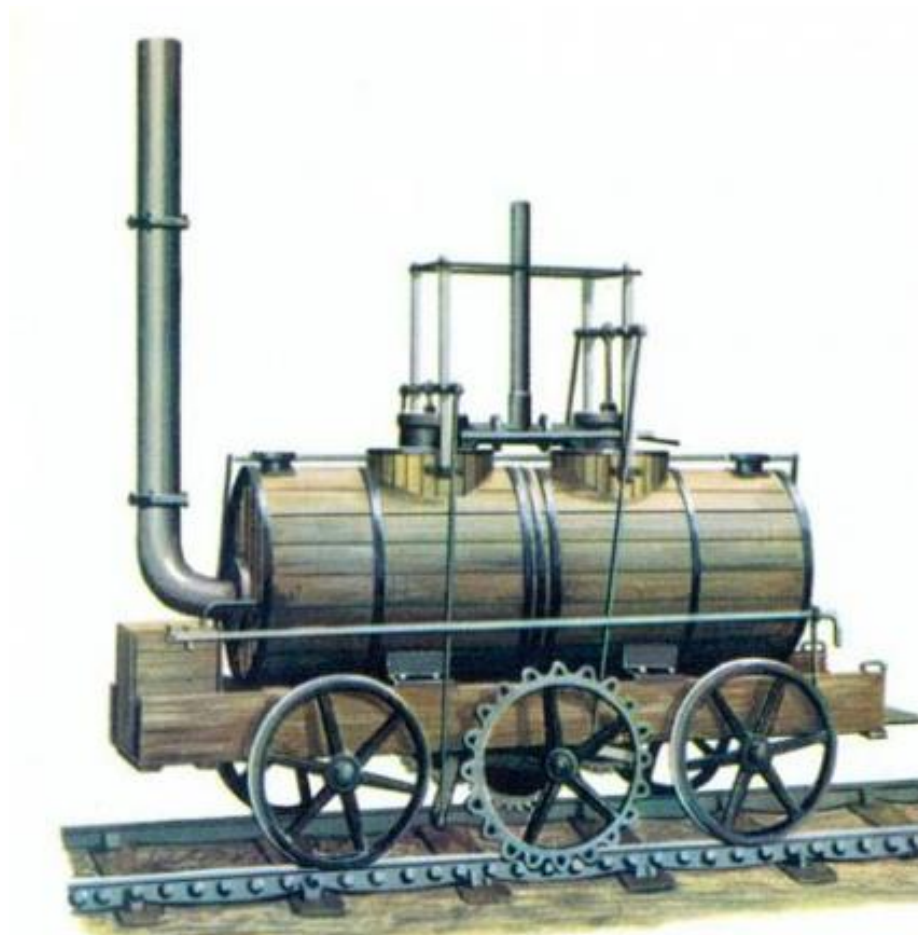


Рис.2.3. Паровоз «Бленкинсон» Муррея, 1812 г.

Английский инженер Уильям Брунтон не желая усложнять путь зубчатой рейкой, решил сделать механизм, работающий по принципу лошади, то есть передвигающийся с помощью ног. Он построил двухосный паровоз «Механический путешественник». Паровой цилиндр через рычажную передачу и горизонтальное зубчатое колесо приводил в движение две механические ноги, расположенные на задней части локомотива. Эти ноги, попеременно цепляясь за путь, толкали паровоз вперед.

В 1814 году Брунтон построил более мощный паровоз массой 5 т. Этот паровоз уже эксплуатировался и водил вагонетки с известняком при строительстве причала. Однако его скорость не превышала 4,5 км/ч, и владельцы стройки были недовольны. Тогда изобретатель решил повысить скорость за счет повышения давления пара в котле. Это окончилось первой в истории железнодорожной катастрофой. При проведении испытательной поездки чугунный котел взорвался, уничтожив паровоз. Обломками машины были убиты 16 человек, наблюдавших за испытаниями.

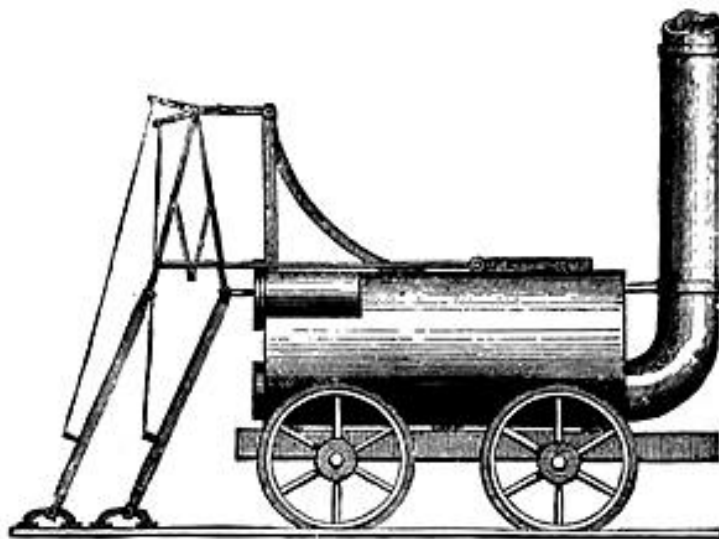


Рис. 2.4. Паровоз Уильяма Брунтон

В дальнейшем шагающие паровозы больше не строились, так как созданные в 1813 году паровозы с гладкими колесами на гладких рельсах наглядно показали возможность их применения в грузовой работе.

В 1813 году **Блекет** и **Хёдли** построили паровоз «Пыхтящий Билли» с гладкими ведущими колесами, который работал на Вулатской дороге 50 лет. Позднее он стал экспонатом Кенсингтонского музея в Лондоне и является самым старым из сохранившихся паровозов.



Рис. 2.5. Паровоз «Пыхтящий Билли»

## 2.2. Деятельность Джорджа Стефенсона

Важнейшие усовершенствования в конструкции паровоза, которые позволили осуществить коммерциализацию нового вида транспорта, были сделаны механиком-самоучкой Джорджем Стефенсоном. В 1814 году он получил заказ на постройку локомотива от лорда Ревенсворта, арендатора Келлингвортских шахт близ Ньюкасла. 25 июля 1814 года паровоз был пущен в эксплуатацию. Он мог вести состав из вагонеток с углем общей массой до 30 тонн. Позднее паровоз получил наименование «Блюхер» в честь прусского фельдмаршала Гебхарда Леберехта фон Блюхера – победителя Наполеона при Ватерлоо. За последующие пять лет Стефенсон представил еще 16 новых машин.

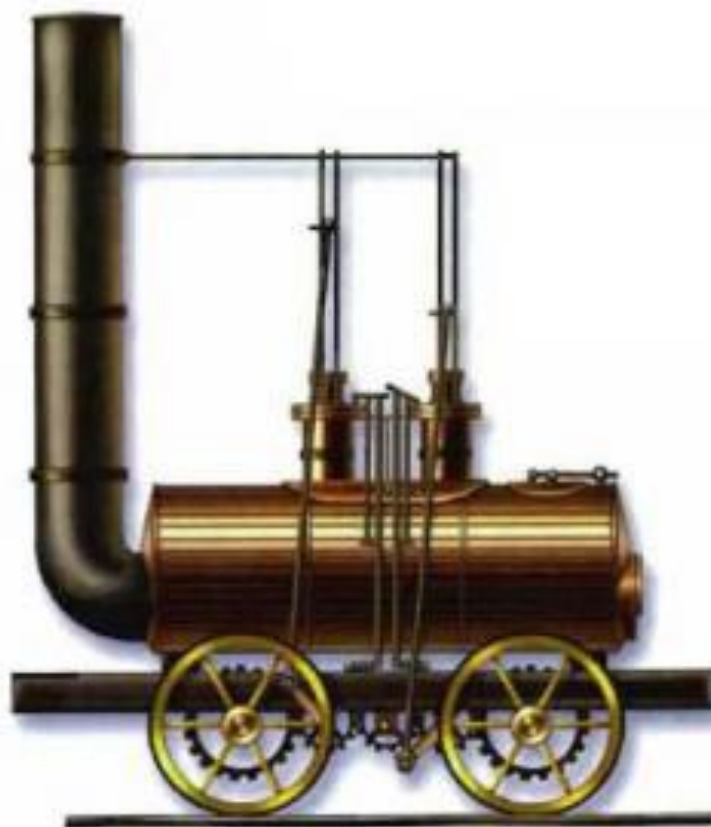


Рис. 2.6. Паровоз Стефенсона «Блюхер»

В 1815 году Стефенсон сконструировал новый паровоз, в котором были применены принципиальные новаторские решения. В новом локомотиве шатуны приводили в движение ведущие колеса не зубчатой передачей, а сообщались непосредственно с



кривошипом. Отработанный пар с помощью соединительных труб и специального устройства – конуса – отводился непосредственно в дымовую трубу. При этом пар, увлекал за собой отходящие газы и, что увеличивало тягу и усиливало сгорание топлива, повышая парообразование и, следовательно, мощность двигателя.

Опыты Стефенсона получили признание, и в 1820 году его привлекли к проектированию и строительству 13-километровой железнодорожной линии от угольной шахты Хэттон до Сандерленда. На ней использовалась комбинированная тяга: в одном направлении (вниз) состав двигался под действием силы тяжести, а наверх поднимался с помощью паровоза. На этой дороге впервые полностью отказались от мускульной силы животных в пользу механической тяги.

В 1822 году началось строительство железной дороги Стоктон – Дарлингтон. Первоначальным проектом предусматривалось использование конной тяги для передвижения вагонеток с углем по металлическим рельсам. После консультации со Стефенсоном директор компании Эдвард Пиз согласился перейти на паровую тягу. В 1823 году Стефенсон совместно с сыном Робертом и Эдвардом Пизом основал в Ньюкасле первый в мире паровозостроительный завод.

### *Джордж Стефенсон*

(1781 – 1848)



Родился в Уилэме (Нортумберленд), в семье шахтера. Никто из его семьи не умел ни читать, ни писать. С восьми лет начал работать сортировщиком угля. Внимание мальчика больше всего занимали выкачивающие из шахт воду насосы, приводившиеся в действие паровой машиной. В 17 лет Стефенсон был назначен машинистом такого насоса и получил возможность разобрать всю машину, детально изучив ее устройство. Это вызвало интерес к общим

принципам устройства отдельных механизмов. Все детство Стефенсона прошло у построенной в 1748 году от Уилэма до реки Тайн деревянной колеиной дороги длиной несколько миль. Она использовалась для вывоза угля с шахты на вагонетках с конной тягой. Читать и писать Стефенсон научился только в 18 лет, но путем упорного самообразования приобрел специальность механика по паровым машинам. В 1802 году он устроился на работу машинистом угольной шахты. В течение следующих десяти лет Джордж занимался изучением паровых двигателей. В 1811 году Стефенсон исправил машину по откачке воды, работавшую в руднике и получил за это место инженера. Вскоре его назначили главным механиком угольных копей. В результате он перестал заниматься только обслуживанием паровых машин, но и приступил к их проектированию.

Много лет инженер-самоучка посвятил созданию паровозов и строительству железных дорог. Он является не только создателем лучших для своего времени паровозов, но и автором многих изобретений и правил строительства рельсовых путей. В 1847 году Стефенсон стал первым президентом Института инженеров-механиков. Изобретатель умер 12 августа 1848 года в Честерфилде. Его судьба характерна для Англии эпохи Промышленной революции.

Открытие линии состоялось 27 сентября 1825 года. Новый паровоз «Locomotion» («Самодвижение»), управляемый самим Стефенсоном, провел состав из 12 вагонов, нагруженных 80 тоннами угля и муки. Кроме грузовых вагонов в составе был открытый пассажирский вагон «Эксперимент», в котором ехали члены приемочной комиссии. Это был первый в мировой практике случай использования железной дороги с паровой тягой для перевозки пассажиров. Первые 15 километров пути поезд преодолел примерно за два часа, показав среднюю скорость порядка 7,5 км/ч, но на некоторых участках он разгонялся до 24 км/ч. 1825-й год и принято считать годом рождения железной дороги. В жизни человечества начиналась новая эпоха.

Паровоз «Самодвижение» оказался очень удачным, именно от него вошло в обиход слово «локомотив». В 1826 году для дороги Стоктон – Дарлингтон Стефенсон построил еще три паровоза типа

«Самодвижение» мощностью 7 – 8 л.с. Эти локомотивы непрерывно проработали до 1904 года, т.е. более 80 лет.

Дорога Стоктон – Дарлингтон стала первой в мире железной дорогой общего пользования. Однако паровозы на ней водили только тихоходные угольные составы. Пассажиров перевозили в специальных вагончиках, запрягая в них лошадей, поскольку паровозы имели малую скорость. Тем не менее, эксплуатация первой дороги приносила хорошую прибыль, и в Англии была заложена дорога Ливерпуль – Манчестер.

Уже при строительстве первой железной дороги Стоктон – Дарлингтон Стефенсон убедился в том, что даже небольшие подъемы существенно снижают скорость движения состава, а на уклонах примитивные тормоза не обеспечивают торможения. Исходя из этого, Стефенсон пришел к выводу, что на новых железных дорогах следует избегать больших неровностей рельефа. Главной идеей Стефенсона стало выравнивание колейного пути с помощью создания насыпей и прорезки выемок в неровностях рельефа, благодаря чему повышалась скорость движения. Эти идеи Стефенсон применил при проектировании линии Ливерпуль – Манчестер. Здесь им были решены сложные задачи железнодорожной техники: заложено несколько сложных выемок, насыпей, мостов и виадуков, призванных сгладить продольный профиль пути, применены железные рельсы на каменных опорах, способствующие увеличению скорости движения паровоза.

Однако применение паровозов для новой дороге было не всеми признано, был, например, проект канатной тяги со стационарными паровыми машинами. Тогда Стефенсон предложил устроить состязание паровозов, с целью показать их возможности и выявить лучшую модель. Компания Ливерпуль – Манчестерской дороги объявила конкурс с премией 500 фунтов стерлингов – огромная по тем временам сумма. К этому конкурсу допускались паровозы массой 6 т, давлением пара 3,6 атм., способные вести состав массой 20 т со скоростью не менее 16 км/ч. При этом стоимость локомотива не должна была превышать 550 фунтов стерлингов. С 8 по 14



октября 1829 года около местечка Рейнхилл вблизи Ливерпуля состоялись знаменитые гонки, решившие судьбу паровозной тяги.

Отец и сын Стефенсоны на это состязание представили паровоз «Ракета». На нем он применил жаротрубный котел. Идея установки в котле дымогарных трубок принадлежала товарищу Стефенсона Генри Буту, а также выдвигалась и другими изобретателями.

Несмотря на то, что на конкурс были представлены пять паровозов, только «Ракета» оказался единственным, успешно завершившим все испытания. При массе 4,5 т и мощности машины 13 л.с. он показал среднюю скорость 19 км/ч с грузом 13 тонн. При этом максимальная скорость достигала 48 км/ч. В показательном заезде без груза «Ракета» развила скорость 56 км/ч. Блистательные результаты, показанные стефенсоновской «Ракетой» отбросили все сомнения. Судьба паровоза как тяговой машины для железных дорог была решена. По проектам Стефенсона стали строиться паровозы и в других странах. Восемь паровозов типа «Ракета» были заказаны для дороги Ливерпуль – Манчестер. «Ракета» стала прообразом и первого русского паровоза, который в 1833 году создали отец и сын **Черепановы** на Урале.

15 сентября 1830 года состоялась церемония открытия железной дороги Ливерпуль – Манчестер. Она стала первой в мире дорогой, где и грузовое, и пассажирское движение осуществлялось паровозами. Это стало важным событием государственного масштаба, на котором присутствовали многие члены правительства, включая премьер-министра герцога Веллингтона. Однако праздник был омрачен трагической гибелью члена Парламента от Ливерпуля Уильяма Хаскиссона. Перебегая пути, чтобы переговорить со стоящим по другую сторону Веллингтоном, Хаскиссон не обратил внимание на приближение поезда и был сбит стефенсоновской «Ракетой». Он скончался по дороге в больницу, став первым в мире человеком, попавшим под паровоз. Тем не менее, новая железная дорога, в целом, была воспринята общественностью положительно. Она стала эталоном при создании железных дорог в Англии и в других странах по устройству рельсового пути, паровозам, вагонам

и различным инженерным сооружениям. До сих пор большинство дорог имеют стефенсоновскую ширину колеи – 1435 мм.



Рис. 2.7. Паровоз Стефенсона «Ракета»

Выгоды от дороги, по которой американский хлопок доставлялся из портов Ливерпуля на ткацкие фабрики Манчестера, были таковы, что Стефенсону сразу же предложили руководить строительством дороги через всю Англию – от Манчестера до Лондона. Позднее Стефенсон строил железные дороги в Бельгии и Испании. Локомотивы для первых железных дорог Франции, Германии и США изготавливались на заводе Стефенсона в Англии.

### **2.3. Усовершенствование паровоза**

В XIX веке паровоз постоянно совершенствовался. Ряд выдающихся инженеров внес вклад в развитие паровозов. Среди них можно отметить Гакворта, создавшего трехосный паровоз «Король Георг» в котором предложил целый ряд нововведений, а именно:

- спарники для передачи вращения ведущим колесам;
- осевой выпуск мятого пара через конус в трубе для интенсификации подачи воздуха в топку. Отработанный пар в первых паровозах выпускался в дымовую трубу перпендикулярно стенке, что вызывало завихрение пара и дыма и снижало тягу. Выпуск пара через осевой конус в дымовой трубе предложил также француз **Пеллетан**;
- рессоры на двух передних осях (задняя во избежание качки от сил инерции в вертикально расположенных цилиндрах рессор не имела);
- насос для питания котла водой;
- пружинный предохранительный клапан на котле.

В 1828 году завод Стефенсона построил для США паровоз «Америка». Этот локомотив имел железные бандажи колес вместо чугунных. Вторым важным нововведением стало расположение цилиндров под наклоном  $33^\circ$ , что позволило подвесить на рессорах все оси.

В том же 1828 году Сеген поставил на паровоз Стефенсона, предназначенный для французской железной дороги Лион – Сент-Этьен жаротрубный котел. Его конструкция применялась почти без изменений в течение всей последующей эксплуатации паровозов. Именно жаротрубный котел позволил паровозу Стефенсона «Ракета» победить в 1829 году на знаменитом состязании в Рейнхилле.

В 1835 году Стефенсон установил на паровозе гудок для подачи сигналов. Позднее сначала на американских паровозах, а затем и на европейских появились осветительные фонари.

В 1830-е годы в Англии развернулось масштабное строительство железных дорог. Кроме того их стали строить сразу в нескольких государствах Европы и в Америке. Это потребовало резкого увеличения выпуска паровозов. Тогда же был заложен классический тип паровоза. Паровые машины, как правило, имели два цилиндра. К паровозу стали цеплять специальный вагон с

запасом воды и топлива – тендер. На этом можно считать закончился период формирования паровоза.

Классический тип паровоза представляется общепринятой колесной формулой: первая цифра – количество бегунковых (направляющих) осей, расположенных перед ведущими, вторая – количество ведущих осей и третья – количество поддерживающих осей, расположенных сзади. **Ведущие** оси связаны друг с другом с помощью специальных тяг – спарников и имеют самый большой диаметр. Число ведущих осей определяется мощностью паровоза. **Бегунковые** оси свободно поворачиваются относительно главной рамы паровоза и служат для улучшения вписывания паровоза в кривые. Они снижают вероятность схода локомотива с рельсов и уменьшают нагрузку от ведущих колес на рельсы в поперечном направлении. Направляющие оси обычно применяются на быстроходных пассажирских моделях. **Поддерживающие** оси позволяют снизить до допустимых значений нагрузки ведущих осей на рельсы. Они также применяются не на всех паровозах.

Объемы перевозки пассажиров на линии Ливерпуль – Манчестер превзошли ожидания, что вызвало разделение паровозов на пассажирские и грузовые. Рост размеров двухосных паровозов привел к тому, что из-за короткой базы локомотив стал подвержен сильным боковым колебаниям, что в свою очередь оказывало неблагоприятное воздействие на путь. В связи с этим на паровозе установили поддерживающую ось, перейдя тем самым от формулы 0-2-0 к формуле 0-2-1. Это дало такие хорошие результаты, что повсеместно от двухосных паровозов перешли к строительству трехосных локомотивов.

Самым мощным локомотивом в мире стал грузовой паровоз Стефенсона «Атлас» с колесной формулой 0-3-0 со спаренными колесами и внутренними цилиндрами. В 1835 году Стефенсон также построил и очень удачный пассажирский паровоз «Патентованный» с формулой 1-1-1. Для лучшего прохода поворотов ведущие (средние) колеса не имели гребней на бандажах. Это

новшество было затем забыто на 50 лет. Пять паровозов этой серии обслуживали первую в России железную дорогу Санкт-Петербург – Царское Село. Именно эти локомотивы стали основой паровозного парка в Великобритании и копировались в разных странах. Грузовых паровозов типа 0-3-0 было построено несколько десятков тысяч, и только в конце XIX века этот тип стал вытесняться типом 0-4-0. Для пассажирских паровозов была принята колесная формула 1-2-0 или 2-2-0.



Рис. 2.8. Паровоз Стефенсона «Патентованный»

Значительные изменения претерпели и колеса, которые поначалу были деревянными с железными бандажами, и только в 1830-е годы стали изготавливаться из чугуна. Стальные бандажи появились только в 1840 году.

Рамы паровозов поначалу изготавливались из деревянных балок, которые скреплялись железными листами. В 1830 году **Бури** соорудил для Питтсбургской дороги в США раму из железных брусков. Такие рамы использовались в Америке до конца эпохи паровозов. В Европе до начала XX века применялись рамы из железных листов.

До 1838 года паровозы отапливались дровами либо коксом. Применение каменного угля было запрещено, поскольку он давал слишком много дыма. Но изобретение дымосжигательных топок позволило перейти на каменный уголь.

В 1830-е годы была решена и проблема парораспределения. Поначалу паровозы работали без расширения пара в цилиндрах, т.е. выпуск пара в цилиндр продолжался все время хода поршня от одного мертвого положения до другого. Хотя при этом машина развивает максимальную мощность, это невыгодно потому, что по приходе поршня в мертвую точку весь отработавший пар из полости цилиндра выбрасывается в атмосферу, хотя он обладает практически такой же энергией, которую имел при впуске. Кроме того выпускаемый пар оказывает большое противодействие на нерабочую сторону поршня и тем самым отнимает значительную часть энергии, развиваемых паром в рабочей полости цилиндра.

Чтобы использовать потенциальную энергию свежего пара более рационально, выпуск его в цилиндр следует прекращать задолго до прихода поршня в мертвую точку. Тогда остаток рабочего хода поршень будет двигаться за счет расширения находящегося в цилиндре пара. При этом давление и температура пара падают и выпуск его из цилиндра во время обратного хода поршня окажет значительно меньшее сопротивление. Это существенно повысит КПД паровой машины. Прекращение впуска пара в рабочую полость цилиндра до прихода поршня в мертвую точку называется отсечкой. Для реализации этой идеи в 1839 году выдающийся французский ученый Клапейрон ввел перекрышу, перекрывающую впускное окно цилиндра и угол опережения.

Немецкий инженер **Майер** в 1842 году предложил конструкцию двойного золотника, состоящего из основного и расширительного блоков. С помощью внешних парораспределительных органов машинист смог управлять режимом работы золотников, меняя не только силу тяги, но и направление движения паровоза.

Параллельно с развитием конструкции паровоза шло теоретическое и экспериментальное изучение проблем паровозной тяги и энергетики. Первая книга по теории паровоза графа **Памбура**, основанная на изучении эксплуатации локомотивов на дороге Ливерпуль – Манчестер появилась в 1835 году.

Очень важной стала проблема динамического воздействия локомотивов на путь из-за их интенсивных колебаний при движении на повышенных скоростях. Эти колебания были вызваны неуравновешенностью движущихся масс паровозов. На паровозах стали вводить противовесы, однако окончательно влияние различных факторов на динамическое воздействие паровоза и его допустимую скорость было изучено только в XX веке.

В XX веке паровозы были усовершенствованы и отличались от своих предков лучшими скоростными показателями при меньшем расходе топлива и воды. Некоторое время в паровозах стали применяться двухцилиндровые компаунд-машины. Однако их существенным недостатком стала невозможность трогания паровоза при остановке в мертвой точке поршня в цилиндре высокого давления. Для преодоления этого недостатка паровозы с компаунд-машиной оснащались сложными приборами трогания, кратковременно пускавшими свежий пар одновременно в оба цилиндра. В дальнейшем улучшения экономичности паровозов стали добиваться путем перегрева пара и от компаунд-машин в локомотивостроении отказались.

В начале XX века пароперегревателями стали оснащать большинство паровозов. Повышение температуры и степени сухости пара увеличивало КПД паровой машины. Если первые пассажирские паровозы работали с КПД 4 – 5%, то у последних моделей он достигал 9%. Но все равно, это было значительно меньше, чем у тепловозов и электровозов. Тогда же закрепляется и привычная конструкция паровоза, которая будет использоваться весь последующий век до окончания эпохи пара.

## **3. ЭПОХА ПАРА**

### **3.1. Американские паровозы**

Паровозостроение Соединенных штатов Америки существенно отличается от европейского. К началу XX века в Америке были созданы грузовые паровозы с четырьмя и даже пятью ведущими осями типа 1-4-0 и 1-5-0. Они далеко опередили по мощности европейские паровозы. Это объясняется более совершенной системой сцепки, выдерживающей большие нагрузки, а также тем, что допускаемое давление на рельсовый путь на дорогах США выше 30 тс на ось, в то время как в Европе оно составляет чуть более 20 тс.

Первый экземпляр паровоза с колесной формулой 1-4-0 «Consolidation» был построен в 1866 году компанией Baldwin Locomotive Works и предназначался для перевозок грузов по ветке дороги, проложенной по склонам гор в штате Пенсильвания. Практика его эксплуатации показала, что конструкция паровоза оказалась одной из лучших конструкций за все время их существования. Одним из многих достоинств формулы 1-4-0 была способность легко преодолевать подъемы. Спустя всего лишь десятилетие после своего появления «Consolidation» стал стандартным тяжелым грузовым локомотивом в США.





Рис. 3.2. Паровоз «Consolidation»

Паровозы с колесной формулой 1-5-0 появились на дорогах США в 1867 году. Однако два первых локомотива оказались не очень удачными, плохо вписывались в кривые и в итоге были переделаны в тип 1-4-0. Следующая попытка создать пятиосные паровозы была предпринята в 1891 – 1893 годах. Фирма «Burnham, Williams & Co» выпустила шесть экземпляров 1-5-0 для горной работы. Локомотивы, получившие название «Декапод» по числу ведущих колес (дека – десять) были уже намного успешнее своих предшественников. Для лучшего прохождения криволинейных участков гребни имели колеса только первой и пятой сцепных осей. Колеса второй, третьей и четвертой оси не имели гребней, зато имели более широкий обод. Благодаря этому этот паровоз с достаточно большой колесной базой мог проходить очень «крутые» радиусы – 110 м. В силу своих конструктивных особенностей «Декаподы» были наиболее эффективны на низкоскоростной горной работе.



Рис. 3.2. Паровоз «Декарод»

Паровозы типа 1-5-0 получили намного большее распространение в Европе и России, чем в Америке. Однако и в США они нашли применение. В начале XX века Россия заказала в Америке 1200 «Декаподов». До 1917 года было получено только 857 локомотивов этого типа. Из-за революции 1917 года оставшаяся часть заказа получена не была. Более 200 паровозов, находившихся в производстве, были переделаны под американскую колею и проданы разным железнодорожным компаниям США. И хотя эти машины почти в два раза уступали по мощности американским аналогам, в небольших компаниях они работали до конца эпохи пара.

Для пассажирских поездов сформировались различные типы паровозов, а именно для скоростных, т.е. курьерских с двумя ведущими осями и колесными формулами 2-2-0 (он получил название Американский), 1-2-1 (Колумбия) и 2-2-1 (Атлантик), а для обычных применялись паровозы с тремя ведущими осями типов 2-3-0 (Десятиколесный), 1-3-1 (Прерия) и 2-3-1 (Пасифик).





Рис. 3.3. Американский паровоз «Генерал» типа 2-2-0, 1855 г.

В рассматриваемый период в США был введен целый ряд важнейших усовершенствований конструкции паровоза:

1. Были изобретены автоматические пневматические тормоза. Их изобрел американский промышленник, инженер и предприниматель, основатель компании «Вестингауз Электрик» **Джордж Вестингауз** (1846 – 1914). Сначала он сконструировал тормоз, срабатывавший под давлением пара, а затем первый воздушный железнодорожный тормоз (патент 1869 года). В 1872 году Вестингауз ввел автоматическое управление тормозом, после чего создал компанию по производству тормозов. Он организовал их внедрение на подвижном составе пассажирского, а позднее и товарного парка не только в США, но и в Западной Европе, и в России. Во второй половине XX века тормоз Вестингауза стал использоваться на автомобилях. Современные пневматические тормозные системы больших автобусов, грузовиков и автопоездов являются усовершенствованной версией тормоза Вестингауза.

2. Получили большое распространение паровозные машины системы компаунд инженера Волкена (1889 г.), а также четырехцилиндровые машины системы тандем-компаунд, при которой поршни попарно насажены на общие штоки. Впервые они применены на грузовом паровозе типа 1-4-0 завода Брукса в 1892 году.

3. Получило развитие дымосжигание с помощью специальной камеры сгорания с порогом, отделяющим топку от камеры.

### **3.2. Европейские паровозы**

Европейские паровозы на рубеже XX века отставали от американских и по конструкции, и по разнообразию типов. Грузовые паровозы, как правило, имели по три ведущих оси без бегунковых и поддерживающих осей, т.е. выполнялись по типу 0-3-0, и лишь во Франции применялись паровозы типа 0-4-0. Только в 1894 году для вождения тяжелых поездов по крутым подъемам в Германии построили по американскому образцу паровозы типа 1-4-0.

Дальнейшее развитие европейского паровозостроения проходило под сильным влиянием американского, а лучшими европейскими паровозами в конце XX века стали советские локомотивы, о чем речь пойдет ниже.

В XX столетии паровозы стали по-настоящему скоростными машинами. Уже к началу века некоторые локомотивы могли без нагрузки разгоняться почти до 200 км/ч, хотя эксплуатационные скорости были намного скромнее, что было продиктовано состоянием тогдашних железных дорог, которые не позволяли развивать такие скорости. Мировой рекорд скорости установил британский паровоз «Mallard» 3 июля 1938 года. Он с составом из семи вагонов развил скорость 203 км/ч.



Рис. 3.4. Паровоз Mallard № 4468 типа 2-3-1, построенный в Донкастере (Англия) в 1938 году. На этом паровозе был установлен мировой рекорд скорости для локомотивов на паровой тяге. Использовался для регулярных железнодорожных перевозок, где проехал более 2,4 млн. км. Списан в 1963 году и в настоящее время выставлен в Национальном железнодорожном музее в Йорке.

Для маневровой работы, на заводских подъездных путях применялись паровозы, не имеющие тендера, в которых вода и топливо хранились в емкостях, установленных на самом локомотиве (танках). Первоначально их называли тендер-паровозами, так как совмещали в себе функции и паровоза, и тендера, а позднее за ними закрепился термин танк-паровоз. Иногда их применяли для вождения пригородных поездов и поездов местного сообщения.





Рис. 3.5. Маневровый танк-паровоз BR80. Германия, 1927 г.

Отдельным вопросом стоит проблема создания паровозов для обслуживания горных железных дорог с крутыми уклонами и кривыми малого радиуса. Для этого строили сочлененные паровозы, у которых ходовая часть состоит из двух и более экипажей, размещенных на поворотных тележках. По сравнению с обычными паровозами, имеющими одну жесткую раму, сочлененные паровозы более гибкие, что позволяет им лучше вписываться в кривые, а также позволяет увеличить число движущих осей и соответственно силу тяги паровоза. Основными же недостатками всех сочлененных паровозов являются более высокая стоимость, больший объем ремонта и большие потери пара в паропроводах.

Рост грузооборота железных дорог, прокладка трасс в горных условиях потребовали создания паровозов большей мощности. Для дальнейшего повышения мощности и сцепного веса паровозов необходимо было повышать число ведущих осей, число которых доходило до семи. Однако такие паровозы плохо вписывались в кривые и из-за больших боковых усилий разрушали пути. В результате появилась идея сочлененных паровозов. Эта идея обусловлена тем, что мощность и сила тяги паровоза в жесткой раме ограничена нагрузкой от движущих осей на рельсы, зависящей от конструкции железнодорожного пути, и числом этих

осей, количество которых ограничивается по условиям вписывания локомотива в кривые.

В 1864 году шотландский инженер Роберт Френсис Ферли (1831 – 1885) взял патент на локомотив такой конструкции. Экипажная часть его сочлененного танк-паровоза состоит из двух независимых, не соединенных между собою тележек. Различают двойной Ферли у которого оси каждой из тележек являются движущими, и одинарный Ферли, у которого движущие оси расположены только на одной из тележек, а вторая оборудована только поддерживающими осями.



Рис. 3.6. Двойной Ферли «James Spooner», 1887 г. Классический двойной Ферли является симметричным паровозом: от будки машиниста в обе стороны отходят два котла, оборудованные дымовыми трубами, на каждой из двух тележек располагается по паре цилиндров, вдоль каждого из котлов устанавливаются водяные и топливные танки.

Одинарный Ферли несимметричен: у него один котел и одна будка машиниста, за которой может располагаться угольный ящик. При этом экипажная часть, также как и у двойного Ферли состоит из двух тележек. Но если у двойного Ферли обе тележки оборудованы ведущими осями и, соответственно, рабочими цилиндрами, то у одинарного Ферли ведущей является только

передняя тележка, а задняя – поддерживающая расположена под будкой машиниста.

Современник двойного Ферли сочлененный паровоз Мейера назван по имени французского инженера Жан-Жака Мейера, взявшего в 1861 году патент на эту конструкцию. Экипажная часть этого обычно танкового паровоза состояла из двух независимых тележек. Но, в отличие от двойного Ферли, паровоз Мейера располагал только одним котлом, как Ферли одинарный, но при этом обе его тележки были ведущими. Рабочие цилиндры расположены на внутренних, повернутых друг к другу, сторонах тележек, что также отличает его от двойного Ферли. Схема экипажной части, примененная Мейером, делает его локомотивы необычайно похожими на современные тепловозы и электровозы.

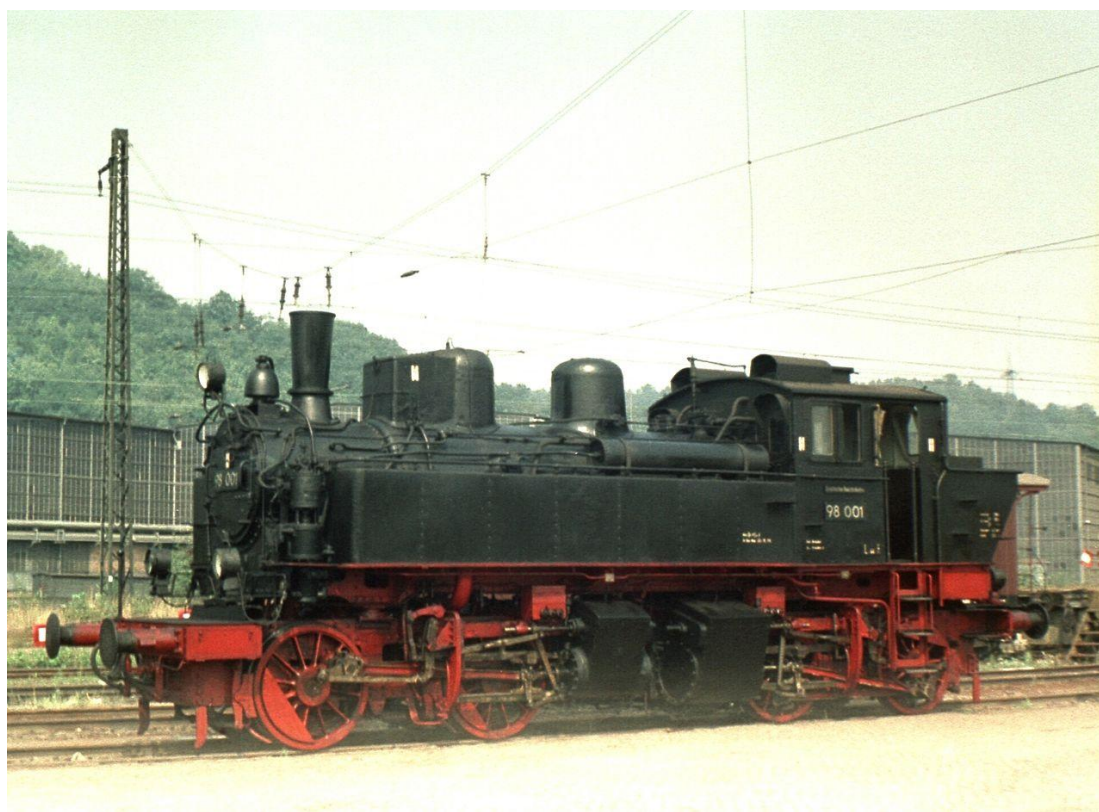


Рис. 3.8. Сочлененный паровоз системы Саксонский Мейер

Наибольшую популярность паровозы Мейера завоевали во Франции и Германии. Большое число локомотивов этой системы работало в Южной Америке – в Аргентине, Чили и Колумбии.



Российские и советские дороги паровозы системы Мейера никогда не приобретали.

Еще одна система сочлененного паровоза была предложена английским инженером Гарраттом (1864 – 1913), в честь которого и получила свое название. У паровоза системы Гарратт паровые машины располагаются на двух отдельных экипажах, где размещаются емкости для воды и топлива. На этих двух экипажах устанавливается рама-мост, на которой находится паровой котел. Преимущество такой системы заключается в том, что на паровозе можно получить колосниковую решетку большей ширины, а следовательно и площади. Недостатком такой системы являлось большое колебание сцепного веса при расходе воды и топлива, а также длинные паропроводы от котла к машинам, что приводило к большим потерям тепла и конденсации пара при пониженных температурах.



Рис. 3.7. Сочлененный паровоз системы Гаррата производства английской локомотивостроительной компании «Beyer-Peacock»

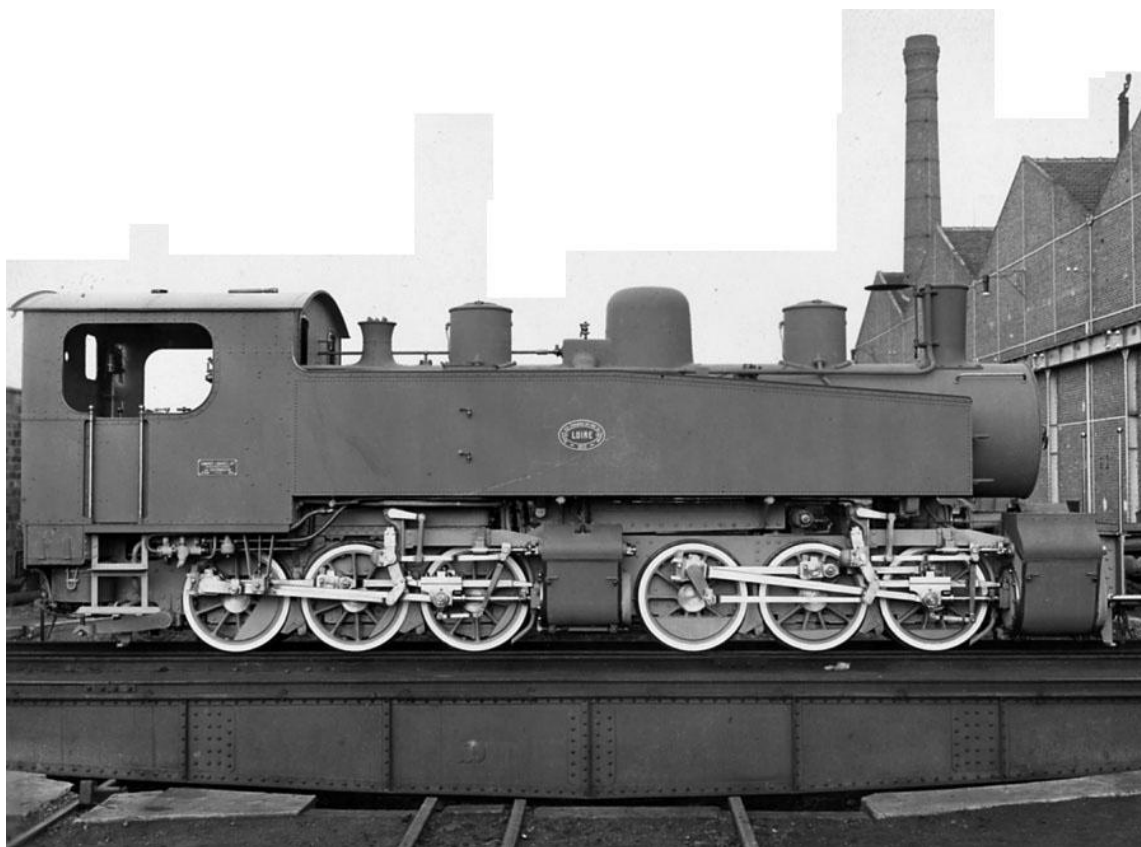
Паровозы системы Гарратт получили наибольшее распространение на узкоколейных железных дорогах Африки, а также

Австралии, где при ограниченных габаритах такая схе

и повысить мощность паровоза.

Также несколько паровозов этой системы эксплуатировались на железных дорогах Южной Америки.

А наибольшее распространение среди сочлененных паровозов получил паровоз типа «Маллет», впервые построенный в 1894 году. Паровоз типа «Маллет» имел, как правило, две рамы: заднюю, жестко прикрепленную к котлу, и подвижную переднюю, соединенную с задней при помощи шарнира. Каждая рама располагалась на отдельной группе движущих осей (от двух до пяти), имевших свою паровую машину. Наиболее широко эти паровозы использовались на железных дорогах США и Канады, применялись также в России и СССР.



Узкоколейный (1000 мм) танк-паровоз системы Маллета  
типа 0-3-0+0-3-0, Франция, 1913 г.

### 3.3. Паровозостроение в Российской империи

Первые российские паровозы были построены в Петербурге на Александровском заводе и заводе герцога Лейхтенбергского в 1846 году по образцу стейфенсоновского «Атласа» и предназначались для Николаевской железной дороги. Эти локомотивы неоднократно переделывались, в том числе менялись котлы, устанавливались будки машинистов. Некоторые из них были снабжены бегунковыми осями и стали первыми в мире паровозами с формулой 1-3-0. В результате паровоз принял привычный для нас вид (см. рис. 4.1). Кроме грузовых паровозов Александровский завод построил 43 пассажирских типа 2-2-0 (рис. 4.2). Поначалу двух заводов хватало, и ввоза паровозов из-за границы почти не было.

В начале 1860-х годов с отменой крепостного права в России бурно развивается промышленность и строительство железных дорог. В это время завод герцога Лейхтенбергского был закрыт, а Александровский занимался ремонтом паровозов и строил только два – три локомотива в год. В связи с этим было закуплено за границей около 3700 паровозов разных типов.



Рис. 3.9. Паровоз серии «НВ» типа 1-3-0

6 октября 1866 года «с целью сокращения перевода денег за границу» вышло распоряжение правительства о прекращении импорта паровозов. Было начато производство локомотивов на многих отечественных заводах общего машиностроения. Поначалу

эти заводы выпускали несколько десятков паровозов в год, но к концу XIX века в России было развито регулярное паровозостроение, и действовал целый ряд крупных специализированных заводов. Сформировалась отечественная школа паровозостроения, основателем которой был ученик И. А. Вышнеградского **А. П. Бородин**. Среди специалистов железнодорожного дела можно выделить **В. И. Лопушинского, Н. Л. Щукина, Н. П. Петрова, Е. Е. Нольтейна, Ю. В. Ломоносова и А. О. Чечотта**.

С 1880-х годов происходит переход в грузовом паровозостроении к четырем, а позднее и пяти ведущим осям. Применяются машины компаунд, дающих экономию топлива по сравнению с простой 15 – 20%. Сцепная масса за 30 лет возросла с 35 до 85 т.

В начале XX века в паровозах стали вместо двойного расширения использовать перегрев пара, сперва до 260 – 280°C, а позднее и до 350°C. Это существенно сократило расход воды и топлива и тем самым повысило экономичность паровозов. Повышение скорости движения товарных поездов потребовало перехода от грузовых паровозов типа 0-4-0 к типу 1-4-0, при этом дополнительная бегунковая ось позволила, в свою очередь, устанавливать более мощный котел.

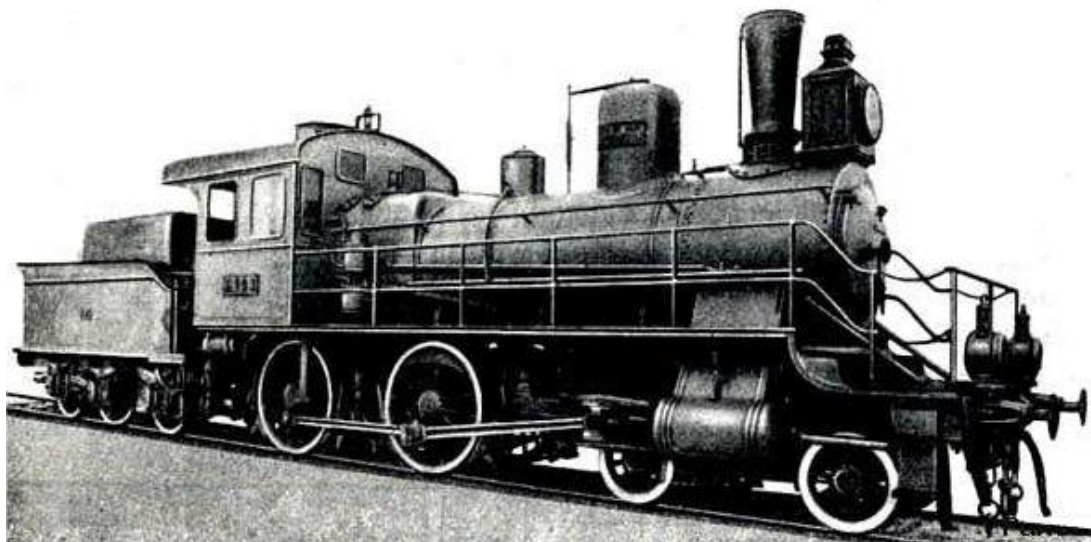


Рис. 3.10. Пассажирский паровоз типа 2-2-0 (Американец)

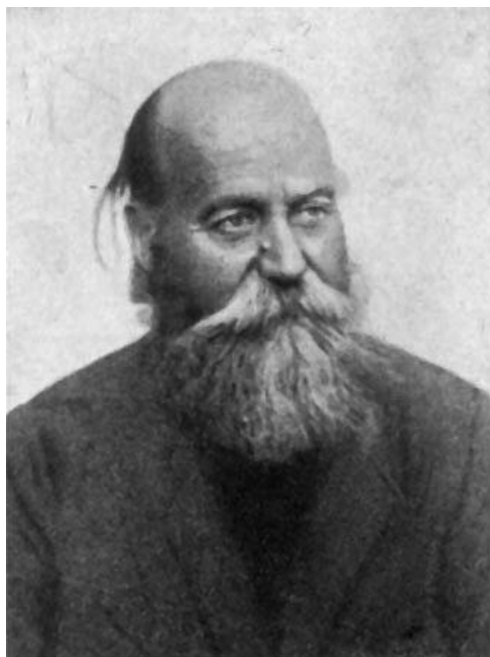
В конце XIX века в России наблюдается новый промышленный подъем. Центр промышленности переходит с Урала на юг страны.

Это в первую очередь связано с разработкой Донецкого каменноугольного и Криворожского железнорудного бассейнов. К концу столетия здесь выплавлялось 51,8% чугуна и 44% стали от общероссийского производства. Развитие производства сопровождалось масштабным строительством железных дорог. За десятилетие с 1890 по 1900 год было построено 22,5 тыс. км путей. Харьков стал центром строительства Юго-Восточной, Северо-Донецкой и Харьковско-Николаевской железных дорог. Стальные магистрали соединили между собой все крупные города и промышленные центры Украины, а также связали их с промышленными центрами Европейской части России. В результате к 1900 году железнодорожная сеть Украины составила 10 750 км из общей протяженности дорог Российской империи в 54 790 км.

Развитие железных дорог потребовало производства 1,76 млн. т рельсов, 1000 паровозов, 1300 пассажирских и 25 000 товарных вагонов в год. Поэтому в Харькове в 1895 году было начато строительство паровозостроительного завода (ХПЗ). Это был первый в Российской империи специализированный завод по производству паровозов, так как Путиловский, Сормовский, Коломенский и другие заводы, также выпускавшие паровозы, строились как заводы общего машиностроения. Первый паровоз вышел с завода 5 декабря 1897 года. В 1900 году ХПЗ выпустил 185 паровозов – больше всех в России, а к концу 1903 года из ворот завода вышел тысячный паровоз.

В 1906 году техническим бюро ХПЗ под руководством выпускника ХТИ инженера **Александра Сергеевича Раевского** (1872 – 1924) был спроектирован паровоз серии «Щ». Это был последний паровоз в России, созданный по канонам XIX века. Он имел паровую машину системы компаунд и колесную формулу 1-4-0. Всего с 1906 по 1918 год было построено 1910 паровозов этой серии. Однако паровозы серии «Щ» имели целый ряд существенных недостатков и быстро устарели. Им на смену пришли товарные паровозы серии «Э» типа 0-5-0.





## *Александр Сергеевич Раевский*

(1872 – 1924)

Родился в Харькове в 1895 году окончил механическое отделение ХТИ. По окончании института работал в техническом отделе службы движения Московско-Курской железной дороги. С 1900 года конструктор Харьковского паровозостроительного завода. В 1910 году А. С. Раевский становится руководителем паровозно-технической конторы Путиловского завода.

С 1920 года профессор А. С. Раевский сочетал работу на Путиловском заводе с преподаванием в Петроградском политехническом институте. Он был автором ряда графоаналитических методов, таких как расчет противовесов паровой машины паровоза, расчет головки шатунов, пальцев кривошипов, осей колесных пар и др. Ученый – практик выработал многие научно-обоснованные разделы теории локомотивов и поставил их проектирование на научную основу. Он был широко известен в техническом мире и состоял членом многих научно-технических советов и комитетов по паровозостроению.

Под руководством или с участием А. С. Раевского были разработаны рабочие проекты ряда серийных паровозов: Щ, Щп, Ъч, Уу, Лп, М. Совместно с инженером Я. М. Гаккелем в 1921 – 1923 годах он работал над проектом одного из первых в мире магистральных тепловозов – Щэл1, для которого А. С. Раевский разработал кузов и ходовую (экипажную) часть.

Александр Сергеевич Раевский трагически погиб в Москве 23 июня 1924 года при испытаниях прочности Лихоборского железнодорожного моста близ станции Ховрино. Ученый был сбит испытательным паровозом. Тело А. С. Раевского доставили из Москвы в Ленинград специальным поездом и похоронили на Красненьком кладбище, неподалеку от Путиловского завода, где проходила трудовая деятельность Александра Сергеевича. В честь него в Петербурге назван проспект Раевского.

Вторым крупнейшим производителем паровозов на территории Украины стал Луганский паровозостроительный завод (ЛПЗ). Его строительство началось в 1896 году, а первый паровоз вышел с завода в 1900 году. ЛПЗ был рассчитан на производство 20 паровозов в месяц и вскоре стал лидером российского паровозостроения, в 1905 году он вышел на проектную мощность и выпустил 21,1% паровозов Российской империи – 245 из 1157 локомотивов.



Рис. 3.11. Паровоз типа 1-4-0 серии «Щ»



Рис. 3.12. Паровоз ЭЛ-2500 (тип 1917 года), построенный на ХПЗ в 1917 году. В годы Великой Отечественной войны водил бронепоезд «Железняков». Установлен в Севастополе в качестве памятника.

Поначалу Луганский завод выпускал паровозы по проектам других предприятий, а впоследствии перешел и к их конструированию. Важным шагом в развитии локомотивостроения стал паровоз серии «Э» типа 0-5-0. Его эскизный проект был составлен в 1909 году начальником службы тяги Владикавказской дороги М. Е. Правосудовичем и заведующим техническим бюро этой службы выдающимся инженером В. И. Лопушинским. Рабочий проект и постройка паровоза были осуществлены на ЛПЗ. Конструкторы отказались от громоздкой компаунд машины и поставили машину простого действия с перегревом пара. При одинаковой стоимости паровозы серии «Э» были на 25% мощнее серии «Щ». В 1912 году ЛПЗ выпустил первые 15 паровозов, заказанные Владикавказской дорогой. Они были приспособлены для нефтяного отопления. Освоение производства паровоза серии «Э» стало важнейшим достижением ЛПЗ.

С 1915 года, по рабочим чертежам Луганского завода, паровозы серии «Э» начали строить Сормовский и Харьковский, а в следующем году Коломенский и Брянский заводы. Всего с 1912 по 1916 год было построено 1528 паровозов этого типа. Опыт эксплуатации паровозов серии «Э» показал, что они были лучшими грузовыми паровозами дореволюционной России. В 1930-е годы, несмотря на выпуск более мощных и скоростных локомотивов, выпуск паровозов серии «Э» продолжался. Выпускались локомотивы с более высоким давлением пара, большей скоростью движения. Их производство продолжалось до 1957 года, т.е. до самого конца паровозостроения. По количеству локомотивов одной серии (около 11 тысяч) и по общей продолжительности выпуска (45 лет) паровоз серии «Э» является абсолютным рекордсменом в истории мирового локомотивостроения.

Из пассажирских паровозов, выпускавшихся в Харькове и Луганске до революции, особого внимания заслуживают паровозы серии «С». Этот паровоз типа 1-3-1 (так называемый американский



тип «Прерия») был разработан на Сормовском заводе под руководством Б. С. Малаховского.

В 1893 году было открыто движение поездов на однопутной линии Рязань – Рузаевка – Свияжск общества Московско-Рязанской железной дороги. Уже к 1897 году интенсивность движения на этой линии возросло настолько, что эксплуатировавшиеся на ней паровозы типов 0-3-0 и 0-4-0 не справлялись с грузооборотом. Это требовалось либо сооружения второго пути, либо перехода к паровозам с более высокими нагрузками от колесных пар на рельсы, что также требовало переделки путей.



Рис. 3.13. Пассажирский паровоз серии «С», Россия. Годы постройки 1910 – 1919. Осевая формула 1-3-1, конструкционная скорость – 115 км/ч, длина паровоза 12247 мм, служебная масса паровоза 75,8 т, мощность 1200 л.с., диаметр ведущих колес 1830 мм, давление пара в котле 13 атм., паровая машина двухцилиндровая простого действия с наружным парораспределением, число цилиндров – 2, диаметр цилиндров 550 мм, ход поршня 660 мм, масса порожнего 23,4 т, объем баков для воды 23 м<sup>3</sup>, запас топлива 17 т. Всего построено 628.

Тогда инженер службы тяги железной дороги Е. Е. Нольтейн предложил, не изменяя осевую нагрузку, увеличить сцепной вес за счет увеличения числа движущих колесных пар. В результате для этой дороги был специально разработан паровоз  $\Theta$  (Фита) системы Маллета, которая к тому времени хорошо зарекомендовала себя на железных дорогах Швейцарии.



Рис. 3.14. Сочлененный грузовой паровоз системы Маллета  $\Theta$  (Фита) типа 0-3-0+0-3-0, производившийся серийно в период с 1899 по 1924 гг. на трех российских паровозостроительных заводах – Брянском, Путиловском и Коломенском

### 3.4. Советское паровозостроение

Несмотря на то, что к началу XX века появились новые типы локомотива – тепловоз и электровоз, паровоз оставался основным тяговым средством до середины столетия. Совершенствование паровоза состояло в применении пара более высоких параметров – температуры свыше  $400^{\circ}$  и давления свыше 100 атм. Поскольку паровые котлы при этом требуют более точного регулирования, были созданы котлы, работающие на угле в порошкообразном виде. Это заодно позволило использовать уголь более низкого сорта.

Чтобы не выбрасывать в атмосферу большое количество теплоты, на паровозах стали применять конденсацию отработанного пара. Кроме того паровозы стали оснащать автоматическими устройствами в системе управления.

В начале XX века почти полностью отказались от применения машин компаунд, небольшое преимущество которых перед машинами простого расширения почти полностью аннулировалось сложностью и дороговизной их обслуживания и ремонта.

Остановимся подробнее на развитии советских паровозов, которые были самыми мощными в Европе. Мировое первенство в этом деле принадлежало США, что было обусловлено стандартом американских железных дорог, допускавшим давление 30 т на ось, в то время как в Европе оно было всего 20 т.

Восстановление народного хозяйства в СССР после гражданской войны началось с восстановления транспорта. В 1920 году за границей было заказано 1200 паровозов серии «Э» – 700 в Германии и 500 в Швеции. Позднее было восстановлено паровозостроение на отечественных заводах. На первых порах ограничивались выпуском модернизаций дореволюционных паровозов. Так в 1926 году появился паровоз серии «Э<sup>у</sup>» (усиленный), а в 1931 серии «Э<sup>м</sup>» (модернизированный). В 1927 году появился пассажирский паровоз серии «С<sup>у</sup>» типа 1-3-1, снабженный задней поддерживающей осью, с перегревом пара и подогревом воды. Он, кроме того был приспособлен к работе на низкосортном топливе.

В 1928 году началась индустриализация страны. Бурно развивающаяся промышленность потребовала резкого увеличения пропускной способности железных дорог. Одним из путей этого было увеличение мощности локомотивов. В годы первой пятилетки Луганский паровозостроительный завод был реконструирован. Именно ему в 1931 году было поручено строительство нового паровоза типа 1-5-1, разработанного всего за сто рабочих дней в Центральном локомотивопроектном бюро Наркомата тяжелой промышленности. Луганские инженеры и рабочие воплотили проект в жизнь всего за 70 дней. Паровоз «ФД» (Феликс Дзержинский) стал основным типом грузового локомотива в СССР

и оказал большое влияние на дальнейшее проектирование паровозов. Всего их построено 3211 единиц. В 1935 году завод получил новое название: «Ворошиловградский завод имени Октябрьской революции» (ВЗОР), которое носил в период с 1935 по 1958 и с 1970 по 1990 год.



Рис. 3.15. Грузовой паровоз серии «ФД» (Феликс Дзержинский). Конструкционная скорость – 85 км/ч, длина паровоза 12 247 мм, служебная масса – 137 т, сцепная масса – 104 т, мощность до 3200 л.с., диаметр ведущих колес 1500 мм, давление пара в котле 15 атм. Паровоз «ФД» мог работать на угле, нефти, пылеугольном отоплении, многие оборудовались конденсацией пара. Паровоз имел стокер – механическое устройство подачи угля в топку.

В 1934 году под руководством инженера П. М. Шаройко на ХПЗ был создан более простой в изготовлении грузовой паровоз серии «СО» (Серго Орджоникидзе) типа 1-5-0. Паровоз выпускался ведущими паровозостроительными заводами страны – Харьковским, Брянским и Луганским (с 1935 года Ворошиловградский) и стал заметной вехой в развитии советского паровозостроения.





Рис. 3.16. Паровоз «СО» (Серго Орджоникидзе). Имел простую двухцилиндровую машину мощностью 1200 л.с. с перегревом пара и давлением 14 атм. Общая масса паровоза в рабочем состоянии 96,5 т, сцепная – 87,5 т, диаметр ведущих колес 1320 мм, максимальная скорость 65 км/ч. Позднее общая масса увеличилась до 103 т, а скорость до 75 км/ч.

В 1932 году Коломенский машиностроительный завод выпустил пассажирский паровоз типа 1-4-2, которому было присвоено имя Иосифа Сталина (серия «ИС»). Многие его части были унифицированы с «ФД». В 1936 году производство этих паровозов было передано на Ворошиловградский (Луганский) завод. Мощность паровоза составляла 2500 л.с. с перегревом пара и давлением 14 атм. Общая масса паровоза в рабочем состоянии 133 т, сцепная – 80,7 т, диаметр ведущих колес 1850 мм, максимальная скорость 100 км/ч. Позднее общая масса увеличилась до 103 т, а скорость до 115 км/ч. В 1937 году Ворошиловградский завод построил первый паровоз серии «ИС» с обтекателем, который на испытаниях развил скорость 155 км/ч. Всего с 1932 по 1942 год было построено 649 паровозов серии «ИС», из них 600 в Ворошиловграде.

Паровозы «ФД» и «ИС» Ворошиловградской постройки были самыми мощными паровозами в Европе. Паровоз серии «ИС» № ИС20-241) в 1938 году представлялся на Всемирной выставке в Париже и был удостоен премии Гран при.



Рис. 3.17. Пассажирский паровоз серии «ИС» с обтекаемым кожухом

В 1944 году Коломенским заводом совместно с ЦНИИ МПС под руководством Л. С. Лебедянского и академика С. П. Сыромятникова начинается работа над новым паровозом с колесной формулой 1-5-0. В 1946 году паровоз вышел на испытания, а с 1947 началось его производство. Первоначально он получил название «Победа» и серию ПЗ2, но в 1947 году был переименован в честь своего создателя Льва Сергеевича Лебедянского в паровоз Л. Этот локомотив имел мощность 2200 л.с., значительно меньше, чем самый мощный паровоз довоенного выпуска ФД и был на 22% легче его. При этом он водил составы почти такого же веса, как ФД. Благодаря меньшей массе паровоз имел давление на рельсы порядка 18 т и мог эксплуатироваться на всей сети железных дорог Советского Союза. Паровоз развивал скорость до 80 км/ч и был экономичнее всех ранее созданных советских товарных паровозов на 12 – 15 процентов. Локомотивы этой серии строились до 1955 года. Всего было построено 4 199 паровозов серии Л, а его конструкторы – разработчики были удостоены Сталинской премии.



Рис. 3.18. Грузовой паровоз серии Л

К 1950-м годам масса поездов на советских железных дорогах существенно возросла, что часто заставляло применять два паровоза. Требовались локомотивы гораздо мощнее, нежели эксплуатировавшиеся в то время паровозы типа 1-5-1 серии ФД. Поэтому в 1951 году Коломенский завод и ЦНИИ МПС приступили к разработке эскизного проекта грузового сочлененного паровоза типа 1-4-0+0-4-2. ЦНИИ МПС рекомендовал нагрузку от осей на рельсы принять равной 23 т, однако инженеры Коломенского завода приняли ее в 20 т (сцепной вес при этом равен 160 т), так как при осевой нагрузке 20 тонн паровоз мог работать на всех магистралях, где эксплуатировались паровозы серии ФД, тогда как осевая нагрузка 23 тонны сильно ограничивала его применение. Рабочий проект был выполнен конструкторским бюро Коломенского завода под руководством главного конструктора Л. С. Лебедянского и инженера И. И. Сулимцева. В декабре 1954 года Коломенский завод выпустил два опытных паровоза ПЗ8.

Прототипом для них стал самый мощный в мире американский сочлененный паровоз «Йеллоустоун» с машиной простого действия (однократного расширения пара). Паровозы типа системы Маллета



с паровыми машинами однократного расширения пара получили распространение в Северной Америке в середине 1930-х годов, благодаря развитию системы пароперегрева. В конце 1930 годов американские паровозы типа 2-3+3-2 «Челенджер» успешно заменили паровозы типа 2-6-1 в ускоренных грузовых поездах. В 1930 году, во время продолжительной заграничной командировки, в составе Комиссии ВСНХ СССР, Л. С. Лебединский, в то время еще рядовой конструктор имел возможность ознакомиться с производством мощных сочлененных паровозов на заводе АЛКО. Однако приступить к разработке сочлененных паровозов для сети дорог СССР он смог только в послевоенный период.

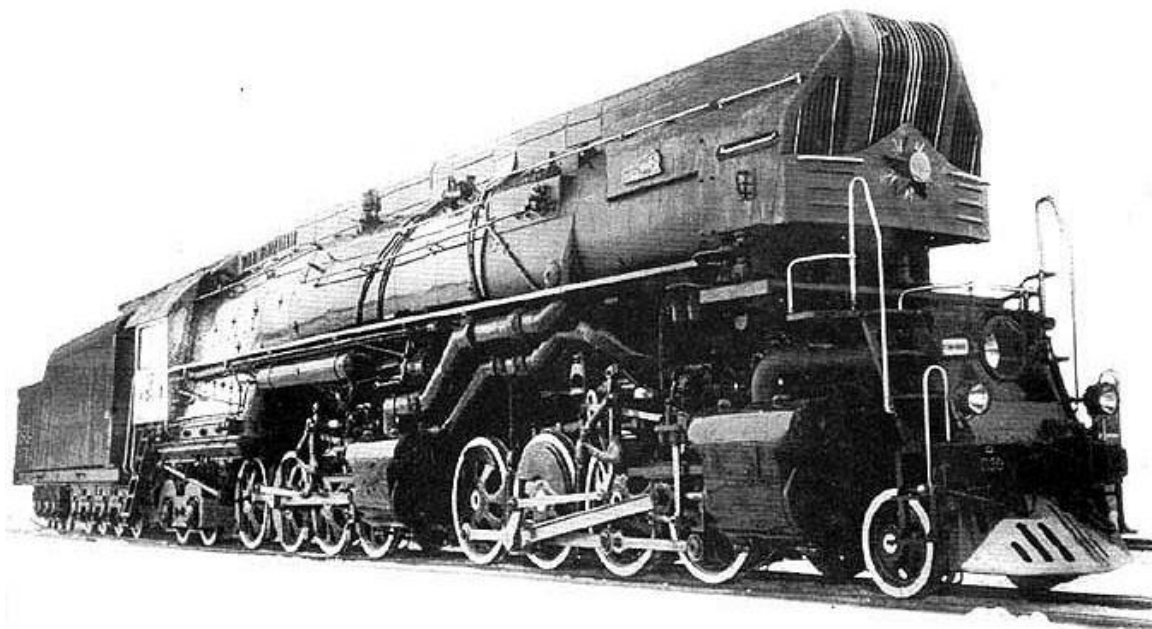


Рис. 3.19. П38. Самый тяжелый паровоз из выпущенных в СССР (а с учетом веса тендера и в истории всех советских локомотивов). В 1954 – 1955 гг. на Коломенском заводе введено 4 локомотива данного типа. Служебная масса паровоза 213,7 – 214,9 т, порожняя масса – 194,2 т.; мощность 3800 л.с.; скорость 85 км/ч.

Проект «П38» стал последним и самым любимым детищем конструктора Л. С. Лебединского. Век паровоза заканчивался, в 1956 году их выпуск в Советском Союзе был прекращен. СССР одним из первых в мире перевел железные дороги на тепловозную и электрическую тягу, а дольше всего паровозы выпускались в Китае. Их здесь строили до середины 1980-х годов.



## **4. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

### **4.1. Создание первых локомотивов на электротяге**

В течение почти 100 лет паровоз был символом прогресса и технической мощи. Однако, наряду со многими достоинствами, к которым относятся простота конструкции, многотопливность, хорошие тяговые характеристики на малой скорости и при трогании с места, паровоз имеет и целый ряд недостатков. Это, в первую очередь, низкий КПД, вредные выхлопы и трудность управления. Профессия машиниста паровоза требовала не только значительных физических усилий, но и высокой квалификации. Выходом из создавшегося положения был переход к локомотивам с ДВС или электродвигателями.

С исторической точки зрения электрификация железных дорог была неизбежна. По сравнению с паровозом или тепловозом электровоз при том же весе и размерах гораздо мощнее. Электродвигатели имеют более высокий КПД, чем ДВС и тем более паровые машины. Электроэнергия обходится в несколько раз дешевле, чем дефицитное дизельное топливо.

Идея использовать электродвигатели для различных транспортных средств появилась сразу после изобретения электродвигателя. Первым транспортом на электротяге стал электромобиль. Его прообразом был крошечный автомобиль венгерского изобретателя Аньоса Джедлика, более похожий на скейтборд. В 1830-е годы

шотландец Роберт Андерсон изобрел первый экипаж на электрической тяге. Небольшой электромобиль был также разработан и построен голландцами Стратином Гронингеном и его помощником Кристофером Беккером в 1835 году. В начале 1840-х годов Роберт Андерсон и американский кузнец Томас Давенпорт создали более совершенные модели.

В 1838 году англичанин Р. Дэвидсон испытал двухосную электрическую тележку на железной дороге Глазго – Эдинбург. В 1845 году профессор Паж создал экипаж, достигший скорости 30 км/ч. Однако все реализованные и предлагаемые в то время проекты имели источник тока в виде гальванических батарей. Это было достаточно дорого, а запас хода подобного локомотива был весьма невелик. Подобные электровозы во всем уступали паровозам, и об идее электрификации железных дорог забыли на 30 лет.

Первые шаги локомотива на электрической тяге совпадают с путем развития трамвая. Однако если конкурентами трамвая были конка и паровые омнибусы, перед которыми у электрифицированного рельсового транспорта были солидные преимущества, то у электровоза был более серьезный конкурент – паровоз. Понадобились десятилетия, прежде чем электровоз смог превзойти его по мощности и скорости движения. Следует иметь в виду, что электрическую тягу на железных дорогах эффективно применять только на участках с интенсивным движением. Это связано с необходимостью оснащать пути контактными проводами с множеством опор и электроподстанциями.

Поэтому первым рельсовым электрическим транспортом стал городской трамвай, заменивший конки. Первым двинуть вагон конки с помощью электричества удалось русскому ученому **Федору Аполлоновичу Пироцкому**. В 1876 году он испытал способ передачи электроэнергии по рельсам, заставив работать электродвигатель, находившийся в километре от источника питания. Испытания проходили на заброшенном участке Сестрорецкой железной дороги, один из рельсов которой был прямым проводом, а другой – обратным. В 1880 году Пироцкий

оснастил двухэтажный вагон конки электродвигателем, питавшимся постоянным током через колеса от изолированных ходовых рельсов, являвшихся одновременно проводниками. Питание обеспечивала миниатюрная электростанция. Вагон массой 7 т мог перевозить до 40 пассажиров со скоростью 12 – 14 км/ч. К идее русского инженера чиновники отнеслись с недоверием, средств для ее реализации не нашлось и далее экспериментов изобретатель не продвинулся.



Рис. 4.1. Копия первого электровоза Сименса (1879) в музее Германских железных дорог в Нюрнберге.

Изобретателем действующего трамвая стал немецкий инженер и предприниматель Вернер фон Сименс (1816 – 1892). В 1879 году на Германской промышленной выставке он продемонстрировал игрушечный электровоз мощностью 3 л.с., который использовался для катания посетителей по территории выставки. Локомотив питался постоянным током напряжением 160 В от третьего рельса, скорость составляла 6,5 км/ч. Он тянул поезд из трех вагончиков, в каждом из которых могло разместиться до шести пассажиров. Идея использовать для подачи напряжения третий рельс оказалась весьма плодотворной и использовалась долгое время и для

железных дорог, и для трамвая. Однако контактный рельс на поверхности земли с повышением напряжения представляет большую опасность, и в наше время сохранился в метрополитене.

В 1881 году электротехническая фирма «Сименс и Гальске», используя идею Пироцкого о передаче электроэнергии на расстояние, построила в Берлине первый в мире электрический трамвай. В том же году Сименс строит аналогичную трамвайную линию в Париже. В 1885 году трамвай появился в английском городе-курорте Блэкпуле.

Если не считать игрушечного электровоза Сименса, первый электровоз создал американский изобретатель Лео Дафт. В 1883 году он построил локомотив «Ампер» мощностью 25 л.с. и массой две тонны, который мог тянуть состав массой десять тонн с максимальной скоростью 17 км/ч. Вслед за «Ампером» последовали локомотивы «Вольта» и «Пачинотти». Вдохновленный успехом Дафт занялся электрификацией трехмильного участка конки в Балтиморе, однако данный опыт оказался неудачным.

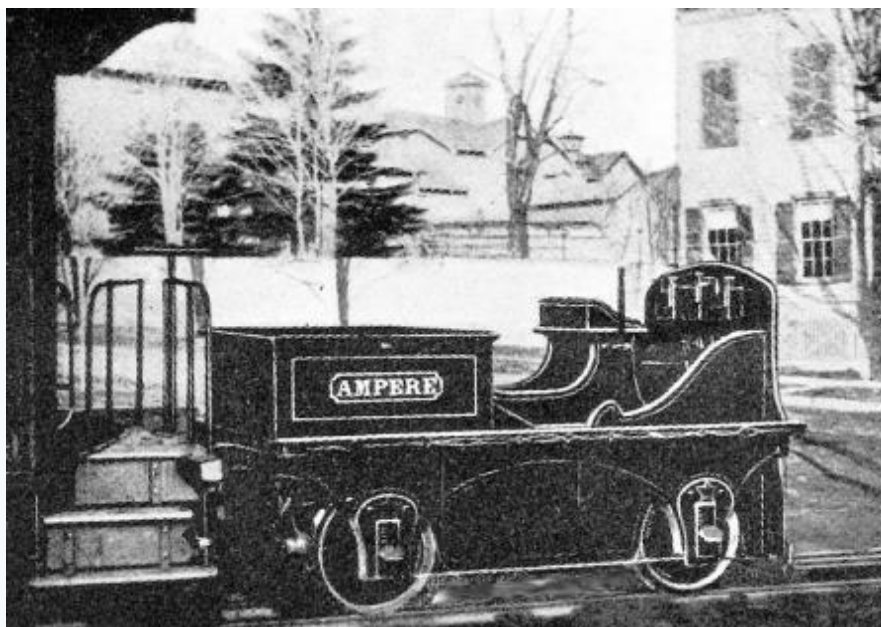


Рис. 4.2. Электровоз «Ампер»

В Великобритании, в Лондоне в 1890 году электрифицировали подземную пассажирскую дорогу длиной 5,6 км, которую с 10 января 1863 года эксплуатировали на паровой тяге. Эта линия на

постоянном токе напряжением 500 В с применением контактного рельса, стала первым в мире метрополитеном. Для него было поставлено 16 электровозов, на каждом из которых были установлены по два тяговых безредукторных двигателя мощностью 50 л.с. Электровозы наряду с питанием от контактной сети имели аккумуляторы.

Поначалу, кроме трамвайных линий, электрическая тяга применялась на промышленных предприятиях, рудниках и в угольных копях. Но с увеличением мощности электровозов ее стали применять на горных железных дорогах. Особенно эффективным оказалось применение электрической тяги на перевальных и тоннельных участках. В 1895 году в США были электрифицированы тоннель в Балтиморе и тоннельные подходы к Нью-Йорку. На ней электроэнергия подводилась к электровозу по третьему рельсу, напряжение постоянного тока в котором было 650 В. Для этих участков компанией General Electric были построены электровозы мощностью 185 кВт (251 л.с.), развивавшие скорость 50 км/ч. Вскоре электротягу стали применять и в пригородном движении.



Рис. 4. 3. Контактно-аккумуляторный электровоз  
Лондонского метрополитена

Напряжение в 650 В на открытом рельсе, расположенном на уровне шпал, представляло большую опасность для людей, оказавшихся на путях. Поэтому когда бельгийский инженер Ван-Депуль запустил в Торонто (Канада) трамвай, питавшийся от одного воздушного провода, а обратным проводом служили рельсы, такая система была принята и для городского трамвая, и для железных дорог. Это в свою очередь позволило повысить напряжение в контактной сети. В настоящее время на линиях, работающих на переменном токе, оно составляет от 15 до 50 кВ.

Таким образом, были сняты преграды для роста мощности электрических локомотивов. В 1893 году «Всеобщая компания электричества» (Германия) построила четырехосный электровоз массой 30 т и мощностью 180 кВт (245 л.с.). Этот локомотив с трехфазным двигателем бьет рекорд, набрав скорость 210 км/ч. А к 1911 году проложена первая электрическая железная дорога между городами Биттерфельд и Дессау. В 1907 году электровоз американской компании «Вестингауз» имел мощность уже 700 кВт (950 л.с.).

Первый в Европе опытный электровоз для магистральных линий был создан венгерским инженером Кальманом Кандо (1869 – 1931) в 1894 году. Электровоз питался от трехфазной сети высокого напряжения 3300 В частотой 15 Гц и был оборудован асинхронным тяговым двигателем. В качестве преобразователя был применен фазовращатель – новая электрическая машина, изобретенная Кандо. Электровозы, сконструированные К. Кандо, были применены в Италии для организации движения на полноценном железнодорожном маршруте (до этого они применялись только на отдельных участках дорог). Энергия к электровозу подавалась по двум контактными проводам, в качестве третьей фазы использовались рельсы.



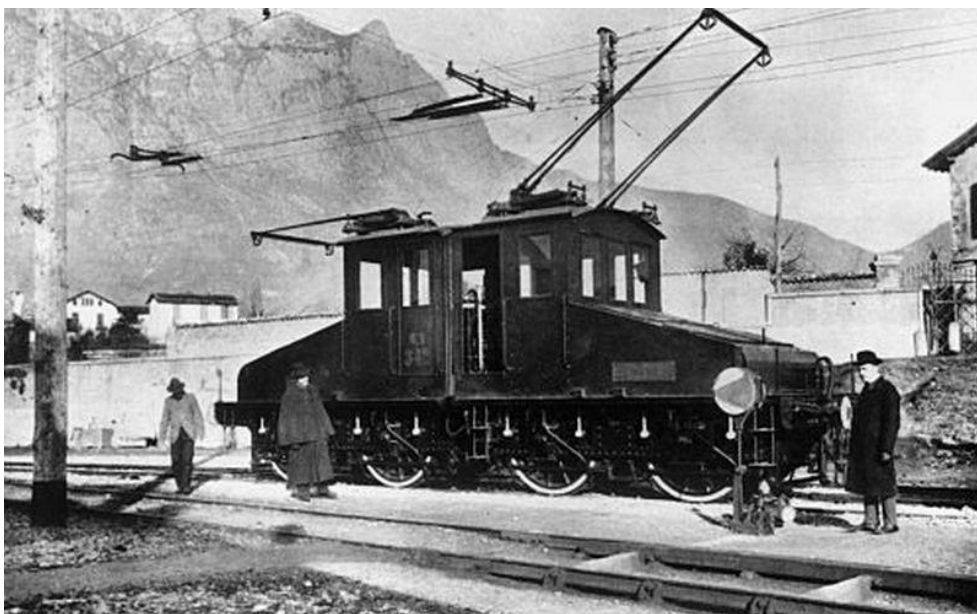


Рис. 4.4. Электровоз К. Кандо (Венгрия) построенный для Италии.

Электрическая тяга оказалась очень эффективной и уже к 1900 году во многих странах появляются электрические локомотивы, пассажирские вагоны с тяговыми электродвигателями и трамваи. В октябре 1903 года поезд, в составе которого был моторный вагон производства компании Сименс, развил скорость 210 км/ч на участке между Мариенфельде и Цоссеном в районе Берлина.

Появление электрической тяги позволило создать принципиально новую систему управления локомотивами одним машинистом. Впервые эта система была применена в 1897 году американским изобретателем Фрэнком Спрэйгом на электропоездах Чикагской эстакадной железной дороги. По проекту Спрэйга пассажирские вагоны с деревянными кузовами, которые ранее использовались с паровой тягой, были переведены на электропитание от третьего рельса. Поначалу был электрифицирован участок длиной 5,8 км, на котором были запущены в эксплуатацию шестивагонные электропоезда. К 1903 году длина электрифицированной Чикагской транспортной системы увеличилась до 31,2 км, а в 1908 году – до 37,4 км. В дальнейшем эта система стала активно применяться на электропоездах пригородных и городских железных дорог, трамваях и локомотивах.





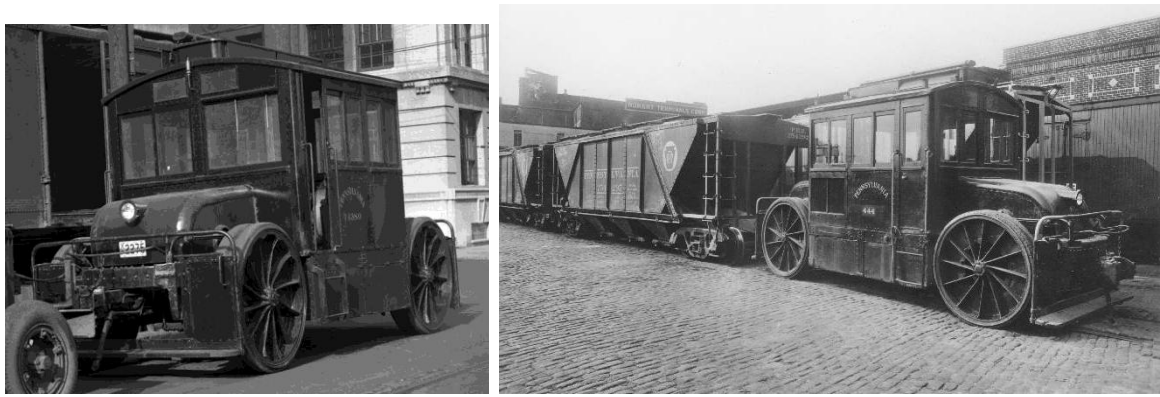


Рис. 4.7. Полурельсовый электрический локомотив PRR Class 3/8000, США, 1912 г. Этот маневровый локомотив предназначен для работы в порту на Пенсильванской железной дороге. Является смесью аккумуляторного автомобиля и локомотива. Чтобы машина не сошла с рельсов, шины имели специфическую форму с канавкой посередине.

#### **4.2. Совершенствование электровозов**

В конце 1920-х годов конструкция электровоза стала быстро совершенствоваться. Страной с самым развитым производством электровозов стали США. Они же были также пионерами и в электрификации железных дорог. Основной компанией – производителем американских электровозов была Дженерал Электрик. Кузов локомотива стали делать вагонного типа, с каждого его конца располагались площадки, за которыми следовали кабины машиниста. Все оси делались движущими и каждая колесная пара снабжалась своим электродвигателем.

Но дальнейшее развитие и совершенствование дизелестроения, и особенности эксплуатации железных дорог США, грузонапряженность которых, в частности в три раза ниже, чем железных дорог России, приостановили развитие электровозов и электрификации дорог в США. В результате производство электровозов сошло на нет, ибо при ограниченной потребности в них, импорт из-за рубежа был более рентабельным, нежели налаживание собственного производства.



Рис. 4.8. Электровоз GG1 в Национальном Железнодорожном музее, Грин Бэй, Висконсин (США). Данный электровоз производился американской компанией GE Transportation и Altoona Works в 1934 – 1943 гг. и эксплуатировался преимущественно на дорогах штата Пенсильвания с 1935 по 1983 гг. Всего построено 139 единиц. Электровоз имеет 6 ведущих и 4 бегунковых оси. Выпускался как в пассажирском, так и в грузовом варианте. Использовал переменный ток напряжением 11 кВ и частотой 25 Гц. Полная масса 215,5 т, диаметр ведущих колес 1448 мм, бегунковых – 914 мм. Кратковременная, в течение часа мощность 6000 кВт (8150 л.с.) при силе тяги 291 кН, длительная мощность – 3450 кВт (4690 л.с.) Конструкционная скорость 160 км/ч в пассажирском варианте и 145 км/ч – в грузовом. Конструктивно электровоз выполнен из двух частей, находящихся на отдельных рамах в едином корпусе. Половина электровоза, дооборудованная сцепным устройством, могла эксплуатироваться самостоятельно. По соображениям безопасности машинистов кабина расположена в центре локомотива на относительно большой высоте над полотном.

Производителями электровозов в Европе являются корпорации Alstom, ADtranz, Bombardier, Škoda, Siemens AG (например, BR 185, E44, E64[de]. Производство электровозов осуществляется в

Германии, Франции, Италии, Швейцарии, Австрии, Швеции, Испании, Великобритании, Турции, Чехии, Польше. На Европу приходится большая часть всех электрифицированных железных дорог в мире, естественно, что в Европе электровозостроение получило и наибольшее развитие. Оно покрывает не только потребности европейских стран в данных типах локомотивов, но и составляет большую часть всего мирового экспорта электровозов.

На электровозах применяются три различные системы электрической тяги – постоянного тока, переменного тока пониженной частоты и переменного тока стандартной промышленной частоты 50 Гц. Вследствие этого на электрифицированных железных дорогах Европы используются электровозы различных систем питания и напряжения: Нидерланды – 1500 В, Бельгия, Италия, Польша, Россия, Испания – 3000 В, Великобритания – 750 В.

После Первой мировой войны электрификация железных дорог начинается во многих странах. Электрическая тяга вводится на магистральных линиях с большой плотностью движения. Так в Германии электрифицируют линии Гамбург – Альтона, Лейпциг – Галле – Магдебург, а также горную дорогу в Силезии. Электрифицируются альпийские дороги в Австрии, в Северной Италии, во Франции и Швейцарии. В Африке появляется электрифицированная железная дорога в Конго. Первые магистрали работали на постоянном токе напряжением 1200 или 1500 В, применялось и питание через контактный рельс.

#### **4.3. Создание первых отечественных локомотивов на электротяге**

В России перед Первой мировой войной началась электрификация линии Санкт-Петербург – Ораниенбаум, но война помешала ее завершить. После революции и гражданской войны был электрифицирован ряд трудных по профилю участков железных

дорог на Кавказе. К такому решению привели, с одной стороны нехватка в СССР паровозов в 1920-е годы, а с другой – начавшаяся по плану ГОЭЛРО электрификация страны.

Первое пригородное движение электропоездов было открыто между Баку и нефтепромыслом Сабунчи в 1926 году. А первым магистральным электрифицированным участком стал участок Хашури – Зестафони, проходящий через Сурамский перевал на Кавказе, вступивший в строй 16 августа 1932 года. На этом участке были подъемы до 2,9%, то есть на километр пути приходилось 29 метров подъема. Электровозы для перевального участка были заказаны в США и Италии.

Первый советский электровоз был лицензионной копией электровоза американского производства. Подготовка его производства началась в 1929 году – электрическое оборудование изготавливалось на Московском электромашиностроительном заводе «Динамо», а механическая часть на Коломенском заводе. Электровоз получил наименование Сс (Сурамский Советский) и был обкатан в ноябре 1932 года.



Рис. 4.9. Электровоз Сс

Ходовая часть этих локомотивов состояла из двух трехосных тележек, соединенных между собой сочленением (осевая формула  $3_0+3_0$ ) на которых сверху опирался кузов. Сцепная масса сурамских электровозов составляла 132 т, а сила тяги достигала 24 тс (235 кН), а у модификации  $C^И$  – 28 тс. Для сравнения, у мощнейшего советского паровоза ФД20 сила тяги составляет от 21,2 до 23,3 тс, а у самого массового серии Э всего 18,1 – 19,5 тс. Внедрению электровозной тяги существенно повысило провозную способность Сурамского участка – 17 электровозов заменили 42 паровоза серии Э. Это послужило стимулом для перевода на электрическую тягу и других направлений.

Однако сурамские электровозы, созданные для горного участка, не подходили для большинства советских железных дорог. Нагрузка от движущих осей на рельсы у них составляла 22 тс, в то время как состояние железнодорожных путей того времени допускало нагрузку не более 20 тс. Сила тяги на ободах колес была снижена до стандартного значения 20 тс, зато увеличена скорость.

В 1932 году за рекордно короткий срок на заводе «Динамо» и в Центральном локомотивопроектном бюро (ЦЛПБ) был спроектирован, а к 5 ноября того же года, менее чем за три месяца, был построен первый электровоз, конструкция которого была разработана в СССР. Он получил наименование ВЛ-19 в честь Владимира Ленина, 19 означало нагрузку от движущих колесных пар на рельсы, выраженную в тоннах. Уже к 1935 году в СССР было электрифицировано 1907 км путей, на которых работало 84 электровоза.

После организации производства грузовых электровозов назрел вопрос о создании пассажирских. Электровозы серий С и ВЛ не были рассчитаны на высокие скорости. Первый в Советском Союзе пассажирский электровоз с нагрузкой от движущих колесных пар на рельсы 21 т был изготовлен в апреле 1934 года на Коломенском заводе, а электрооборудование опять было изготовлено на заводе «Динамо». Он получил имя ПБ-21 – Политбюро ЦК ВКП(б).





Рис. 4.10. ВЛ-19-01 – первый грузовой электровоз серии ВЛ

Электровоз ПБ-21 имел оригинальную колесную формулу – крайние двухосные поддерживающие тележки и три ведущих оси, размещенные в общей раме локомотива (рис. 4.11).

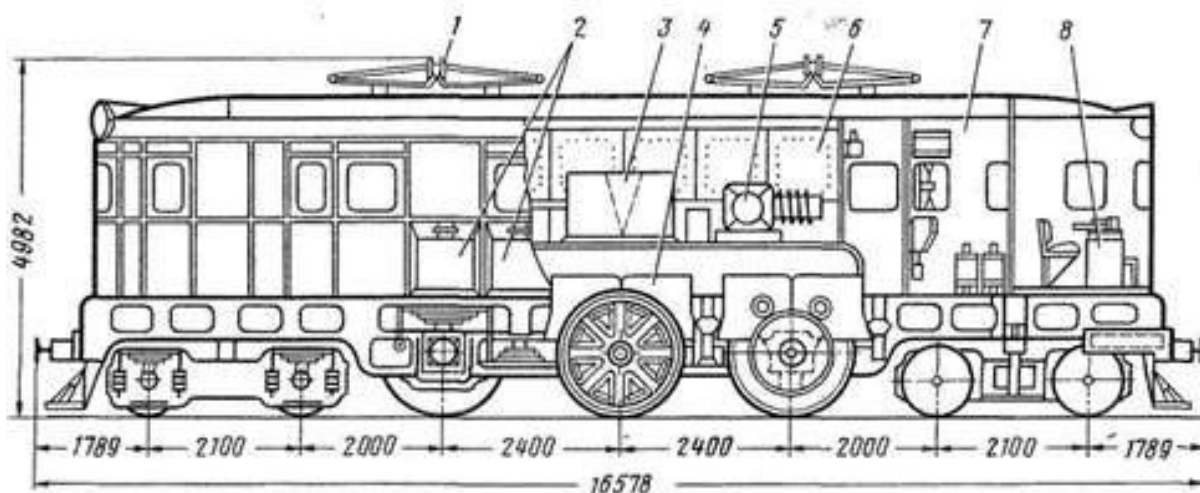


Рис. 4.11. Расположение оборудования на электровозе ПБ-21: 1 – пантограф; 2 – ящики для песка; 3 – сдвоенный вентилятор; 4 – сдвоенный тяговый электродвигатель; 5 – мотор-компрессор; 6 – пусковые резисторы; 7 – высоковольтная камера; 8-контроллер машиниста

Среди пассажирских электровозов с тремя ведущими осями ПБ-21 был самым мощным в Европе. Его длительная мощность достигала 1990 кВт (2700 л.с.), а часовая – 2250 кВт (3060 л.с.). Он имел сцепную массу 67 т, при общей массе 131 т и был рассчитан



на максимальную скорость 140 км/ч. К сожалению этот интересный локомотив был выпущен только в одном экземпляре. Он непрерывно эксплуатировался в течение 30 лет, а в 1963 году был установлен как памятник (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Первый советский пассажирский электровоз постоянного тока ПБ-21-01, установленный в депо Пермь 2.

Развивая конструкцию ВЛ-19, Коломенский завод и завод «Динамо» построили шестиосный грузовой электровоз со всеми ведущими осями. Первый электровоз модели ВЛ-22 был выпущен в сентябре 1938 г. По техническим показателям ВЛ-22 стал лучшим отечественным грузовым электровозом.

#### **4.4. Развитие отечественного электровозостроения в послевоенный период**

Великая Отечественная война прервала выпуск электровозов, но уже в июне 1944 года завод «Динамо» начал сборку электровоза

ВЛ-22-184, который оказался для завода последним. После этого их производство было поручено Новочеркасскому электровозостроительному заводу (НЭВЗ), созданному на месте разрушенного в годы войны паровозостроительного завода. Первый новочеркасский электровоз ВЛ-22-185 был выпущен в июне 1946 года.



Рис. 4.13. Первый советский крупносерийный грузопассажирский электровоз ВЛ-22М. Установлен в депо Пермь 2. Полная масса 132 т, конструкционная скорость 75 – 90 км/ч, мощность 2400 кВт, Питание – постоянный ток напряжением 3000 В. Было построено 1542 локомотива.

В марте 1953 года был выпущен первый спроектированный на НЭВЗ электровоз постоянного тока Н-8 (Новочеркасский восьмиосный). В январе 1963 года, после расстрела рабочей демонстрации в Новочеркасске данная серия получает обозначение ВЛ-8.

Масса электровоза 180 т, все восемь осей ведущие. Благодаря тому, что локомотив длиной 27,5 м имеет четыре тележки, он вписывается в поворот радиуса 120 м. Часовая мощность электровоза составляет 4200 кВт (5700 л.с.), а длительная – 3760 кВт (5100 л.с.). Конструкционная скорость локомотива 90 км/ч, а у

модификации ВЛ-8М – 100 км/ч. Эта модель стала первой по-настоящему массовой, всего было выпущено 1715 единиц электровозов марки ВЛ8. До появления в 1961 году электровозов ВЛ-10 и ВЛ-80 этот локомотив был сильнейшим в стране. В 1960-х годах наравне с электровозом ВЛ-60 и тепловозом ТЭЗ он являлся одним из основных локомотивов на советских железных дорогах. На базе его на НЭВЗ был спроектирован шестиосный грузопассажирский электровоз ВЛ-23, заменивший ВЛ-22. Многие электровозы ВЛ-8 до сих пор работают на железных дорогах бывшего СССР.



Рис. 4.14. Советский грузовой электровоз постоянного тока ВЛ-8

В 1958 году начал серийное производство Тбилисский электро-возостроительный завод (ТЭВЗ), основанный в 1949 году как локомотиворемонтный завод. К 1967 году он в кооперации с НЭВЗ выпустил 1292 локомотива ВЛ-8. В 1961 году ТЭВЗ выпустил первый электровоз ВЛ-10 по своему проекту. Механическую часть для них изготавливал НЭВЗ. ВЛ-10 строились в Тбилиси до 1976



года и в Новочеркасске (1969 – 1976), всего выпущено 1799 электровозов. С 1975 года ТЭВЗ перешел на выпуск ВЛ-11, а в 1984 году начато производство мощного 12-осного грузового электровоза постоянного тока ВЛ-15, проект которого разработан Специальным проектно-конструкторским бюро объединения.



Рис. 4.15. ВЛ-15 – мощнейший в мире грузовой электровоз постоянного тока с двумя секциями. В 1984 – 1991 годы произведено 50 единиц. Мощность локомотива 8400 кВт, конструкционная скорость 100 км/ч.

В середине 1950-х годов стало очевидно, что постоянный ток напряжением 3 кВ имеет существенные недостатки. Тогда была начата электрификация переменным током напряжением 25 кВ. Для них были созданы локомотивы ВЛ-60, а позже ВЛ-80, работающие на переменном токе. НЭВЗ освоил почти полный цикл производства электровозов. Он специализировался на выпуске грузовых локомотивов переменного-постоянного тока. В конце XX в. Новочеркасский завод выпускал в основном грузовые восьмиосные

электровозы модификаций ВЛ-80С и ВЛ-80Р мощностью 6 500 кВт и 12-осные ВЛ-85 мощностью 10 000 кВт. Завод экспортировал партии электровозов в Финляндию и Китай.

Следующей эволюционной ступенью в развитии грузовых электровозов ВЛ80 стали четырехосные электровозы семейства Э5К «Ермак», разработанные всероссийским НИИ электровозостроения (ВЭлНИИ) в Новочеркасске. Они производятся с 2004 года на НЭВЗ и являются самым массовым семейством российских электровозов, выпускаемых в настоящее время.



Рис. 4.16. Грузовой электровоз переменного тока ВЛ-80С. Установлен в депо Владимир 2. Конструкционная скорость 110 км/ч, мощность 6500 кВт. В 1961 – 1995 гг. был построен 4921 локомотив.

Базовой моделью семейства «Ермак» является электровоз 2ЭС5К. Буква С в наименовании означает «секционный», буква К – применение коллекторного электромотора, а цифра 2 указывает на количество секций. Локомотив состоит из двух одинаковых секций, каждая из которых имеет с головной стороны кабину управления, а



с хвостовой – межсекционный переход. Масса электровоза 192 т, длина по осям автосцепок – 35 004 мм.

Односекционный вариант машины Э5К предназначен для вывозной и легкой магистральной грузовой работы. Также локомотив используется для вождения грузопассажирских и пассажирских пригородных поездов на тех участках, где нецелесообразно применение электропоездов и скорости поездов невелики, а мощность шестиосного пассажирского электровоза является избыточной. Таких локомотивов выпущено всего 32.

Для транспортировки сверхтяжелых грузовых составов или для работы на участках пути со значительным уклоном выпускаются составные электровозы с бóльшим числом секций. Электровозы 3ЭС5К и 4ЭС5К имеют в составе две головных и одну или две промежуточных бустерных секции.



Рис. 4.17. Грузовой электровоз постоянного тока 4ЭС5К. За счет увеличения числа секций до четырех электровоз получил мощность часового режима 13 120 кВт (при длительной мощности 12 240 кВт), получив статус самого большого и самого мощного электровоза в мире

Бустерная секция технически ничем не отличается от обычной головной, только вместо кабины управления имеет вторую торцевую стену с межсекционным переходом. Длина и масса бустерной секции такая же, как и у головной. Ее наличие позволяет увеличить мощность стандартного электровоза 2ЭС5К соответственно в полтора или два раза и уменьшает общую стоимость локомотивов за счет отсутствия ненужных кабин. Это также обеспечивает удобство работы по сравнению с электровозами ВЛ80С и ВЛ80Р, составленных из трех одинаковых секций, имеющих кабины машиниста. В бустерном варианте локомотивная бригада имеет возможность переходить между всеми секциями в процессе движения, что позволяет осматривать все оборудование и выявлять возможные неисправности без необходимости остановки поезда.

По состоянию на декабрь 2018 года выпущено 1405 электровозов ЭС5К разных модификаций. Кроме того в 2005 – 2011 годах Луганский завод выпустил 18 электровозов 2ЭЛ5, являющихся модификацией 2ЭС5К. Большинство электровозов ЭС5К эксплуатируются в России на территории Сибири и Дальнего Востока, несколько локомотивов 2ЭС5К и все 2ЭЛ5 эксплуатируются на Украине.

Однако на статус самого мощного электровоза в мире претендует другой российский локомотив – электровоз постоянного тока 2ЭС10 с дополнительной (третьей) секцией, суммарная длительная мощность которого составляет 12 600 кВт

По состоянию на конец 2018 года построен 161 электровоз – 119 в двухсекционном и 42 в трехсекционном исполнении. Электровозы работают в приуральских регионах России на участках с наиболее сложным профилем на Свердловской и Западно-Сибирской железных дорогах.



Рис. 4.18. 2ЭС10 «Гранит» – российский грузовой двухсекционный восьмиосный электровоз постоянного тока напряжения 3 кВ с асинхронным тяговым приводом. Электровоз был создан российской компанией «Группа Синара» при участии немецкого концерна Siemens (СП «Уральские Локомотивы») и выпускается Уральским заводом железнодорожного машиностроения с 2010 года. На базе 2ЭС10 был создан трехсекционный электровоз с бустерной секцией 2ЭС10С, получивший наименование 3ЭС10.

Пассажирские электровозы в послевоенное время в СССР не строились, их получали из Чехословакии. В 1962 году народное предприятие Škoda приступило к разработке и проектированию шестиосного электровоза переменного тока. С 1965 года чехословацкие электровозы ЧС4 стали поступать в СССР. В 1971 году на дорогах Советского Союза появилась их глубокая модернизация – электровоз ЧС4<sup>Т</sup>.





Рис. 4.19. Пассажирский магистральный электровоз серии ЧС4. Рассчитан на напряжение контактной сети 25 кВ, имеет мощность 5100 кВт (6930 л.с.), скорость часового режима – 101,5 км/ч, сила тяги электровоза составляет 17,9 тс (175,4 кН). Конструкционная скорость – 160 км/ч. Масса – 123 т.

В 1958 году начинается выпуск промышленных электровозов и тяговых агрегатов на Днепропетровском электровозостроительном заводе (ДЭЗ). Первым был промышленный электровоз Д-100, а в 1960-е годы по собственному проекту строятся электровозы ВЛ-26 и ВЛ-41, а также тяговые агрегаты к ним.

После обретения Украиной самостоятельности предприятие переименовано в Днепропетровское научно-производственное объединение электровозостроения (НПО «ДЭВЗ») и приступает к созданию первого украинского магистрального электровоза ДЭ-1. Совместно с немецким концерном Siemens завод спроектировал и

освоил серийное производство электровоза переменного тока ДС-3, который должен заменить чехословацкий локомотив ЧС-4.



Рис. 4.20. Электровоз постоянного тока ДЭ-1, производившийся на Днепропетровском электровазостроительном заводе для нужд железнодорожного транспорта Украины. Рассчитан на напряжение контактной сети 3 кВ, имеет мощность 6260 кВт (8500 л.с.) при силе тяги 196 кН. Сила тяги часового режима электровоза составляет 427 кН. Конструкционная скорость – 100 км/ч. Масса – 184 т. Всего изготовлено 40 электровозов.

В настоящее время общая протяженность электрических железных дорог во всем мире достигла 200 тыс. км, что составляет примерно 20% общей их длины. Это, как правило, наиболее грузонапряженные линии, горные участки с крутыми подъемами и многочисленными кривыми участками пути, пригородные узлы больших городов с интенсивным движением электропоездов.





Рис. 4.21. Электровоз переменного тока ДС-3 производства Днепропетровского электровозостроительного завода совместно с «Siemens». Рассчитан на напряжение контактной сети 25 кВ частотой 50 Гц, имеет мощность длительного режима 4800 кВт (6530 л.с.) при силе тяги 161 кН. Конструкционная скорость – 160 км/ч. Масса – 90 т. Всего изготовлено 18 электровозов.

На начало 1988 года в 52 государствах имелись электрифицированные железные дороги, из них 76% находились в Европе. Больше всего этот показатель в Швейцарии – 95%. А вот в США, которые в 1930-е годы были самыми активными сторонниками электрификации железных дорог, в настоящее время их всего 3%.

## **5. РАЗВИТИЕ ТЕПЛОВОЗОСТРОЕНИЯ**

### **5.1. Первые шаги тепловозостроения**

В настоящее время общая протяженность электрифицированных железных дорог во всем мире достигла 200 тыс. км, что составляет примерно 20% общей их длины. Это, как правило, наиболее грузонапряженные линии, горные участки с крутыми подъемами и многочисленными кривыми участками пути, пригородные узлы больших городов с интенсивным движением электропоездов.

Для большинства участков железных дорог целесообразнее использовать автономные локомотивы. Здесь заменой паровозу стали тепловозы, оснащенные двигателем Дизеля.

Тепловозные силовые установки различаются по типу передачи энергии от дизеля к колесным парам: электрические, гидравлические и механические. Наиболее распространенными являются электрические передачи, в которых двигатель вращает ротор генератора, вырабатывающего электроэнергию. Колесные пары приводятся во вращение тяговыми электродвигателями (ТЭД). В тепловозах с гидравлическими и механическими передачами основная мощность двигателя отдается непосредственно колесным парам.

Электрическая передача является наиболее эффективной. Тепловозы с такой передачей имеют лучшую тяговую характе-

ристику, электропередача также позволяет соединять несколько секций тепловоза и управлять ими из одной кабины. Кроме того, возможно использование электродинамического торможения, при котором ТЭД используются в качестве генераторов, а вырабатываемая ими электроэнергия гасится в тормозных резисторах. По сравнению с пневматическими тормозами электродинамическое торможение более эффективно, меньше износ тормозных колодок, снижается опасность юза колесных пар. Недостатками электропередачи является большая масса и относительная дороговизна оборудования.

Первый локомотив с ДВС был построен Готтлибом Даймлером. Это была двухосная узкоколейная моториса, впервые продемонстрированная 27 сентября 1887 года на фольклорном фестивале в Штутгарте. На ней был установлен двухцилиндровый газовый двигатель внутреннего сгорания мощностью 10 л.с.

Однако для применения на железных дорогах нужен был мощный двигатель на жидком или твердом топливе. Самый экономичный, получивший широчайшее распространение двигатель создал немецкий инженер **Рудольф Дизель** (1858 – 1913). Основная идея дизельмотора – постепенное сгорание топлива была высказана еще С. Карно. Для реализации этой идеи Дизель предложил сжимать в цилиндре чистый воздух, а после его нагрева в результате сжатия впрыскивать туда топливо. В 1892 – 1897 годы он разрабатывает компрессорный с воспламенением от предварительно сильно сжатого в цилиндре воздуха ДВС. Первоначально в качестве топлива предполагалось использовать угольный порошок, так как своей нефти Германия не имела. Однако решить проблему очистки цилиндра от продуктов сгорания ему не удалось, к тому же угольная пыль служила абразивом, и трущиеся поверхности очень быстро изнашивались. Зато новый двигатель прекрасно работал на отходах перегонки нефти, которые стали называть дизельным топливом и даже на сырой нефти.

Первый двигатель, построенный Дизелем в 1897 году на заводе в Аугсбурге, имел один цилиндр диаметром 250 мм, ход поршня составлял 400 мм. Высота двигателя была 3 м. Двигатель развивал мощность около 20 л.с. при 172 об/мин. Он работал на сырой нефти, расходуя 258 г топлива на 1 л.с. в час. В 1898 году этот мотор был представлен на выставке в Мюнхене. Через год в Мюнхене были представлены уже пять дизельных двигателей, произведенных на Аугсбургском машиностроительном заводе, а также заводах Отто и Круппа. Еще больший успех имел двигатель Дизеля на Парижской выставке 1900 года. В 1904 году в России **Г. В. Тринклер** создает менее громоздкий и еще более экономичный бескомпрессорный дизель.

Первоначально дизели, приводившие в движение станки, мельницы и генераторы, устанавливались с ременной передачей, что создавало определенные неудобства, особенно для электростанций, но вскоре стали применять зубчатые передачи. Целый ряд машиностроительных заводов Европы приступил к выпуску дизелей. За период 1912 – 1932 годы только три ведущих дизельных завода: «Братья Зульцер» (Швейцария), «MAN» (Германия) и «Бурмейстер и Вейн» (Дания) выпустили различных дизелей общей мощностью 9 300 тыс. л.с. Дизель находит широкое применение не только как стационарный двигатель для замены паровых машин, но и в речном и морском флоте, а также на локомотивах. Особенно бурно дизелестроение начало развиваться с 1930-х годов, когда они нашли применение в морском флоте, а также в автомобиле- и тракторостроении.

Несмотря на все очевидные преимущества тепловозов перед паровозами, первый экспериментальный тепловоз для работы на магистральных линиях был разработан только в 1909 году. Проект был выполнен Адольфом Клозе под руководством Рудольфа Дизеля. К сентябрю 1912 года 100-тонный локомотив «Термо» был построен на заводе Борзиг концерна Зульцер. На этом тепловозе

были установлены два дизеля – основной мощностью 750 л.с. и вспомогательный – мощностью 250 л.с. Последний использовался для подачи сжатого воздуха в цилиндры в момент трогания с места, при маневрах и для турбонаддува на режиме повышенной мощности. Однако из-за возникших проблем с механической передачей, смерти Р. Дизеля, а также начавшейся в 1914 году Первой мировой войны работы над тепловозом были прекращены.

Первые серийные тепловозы были созданы в США. Их появлению очень способствовал закон штата Нью-Йорк, запрещающий с 1908 года использование паровозов на территории острова Манхэттен, а затем с 1931 года и на территории всего города и его пригородов.

Поначалу американские тепловозы предназначались для маневровых работ. Фирма General Electric (GE) в 1907 – 1909 годах организовала производство бензиновых мотовозов небольшой мощности. В 1913 году для линии, связывающей Нортфилд и Миннеаполис, в штате Миннесота был построен мотовоз мощностью 350 л.с. весом 57 тонн. Он оснащался двумя газолиновыми двигателями, приводившими через электропередачу четыре электродвигателя на тележках. Его общая компоновка сохранилась на современных односекционных тепловозах. Всего GE с 1909 по 1917 год было построено более 80 бензиновых мотовозов.

В 1917 году General Electric сворачивает производство бензиновых мотовозов и переходит на более дешевое дизельное топливо. Специально для тепловозов в компании был разработан и построен свой дизель. Первые опытные образцы дизельных локомотивов выпускались GE в 1917 – 1918 годах. Однако три первых проданных локомотива были признаны неудовлетворительными и возвращены компании. К тому же мощность этих локомотивов была невелика, что не позволяло использовать их в качестве магистральных. Вскоре General Electric прекратила работу над тепловозами, возобновив ее только в 1936 году.





Рис. 5.1. DET1 – первый в мире моторный вагон с электрической передачей. Построен на заводе в Раштатте (Германия) в 1914 г. Дизельный двигатель был произведен на заводе компании «Sulzer» (Швейцария), а электрооборудование также швейцарской компанией «Brown, Boveri & Cie». В связи с нехваткой дизельного топлива в годы Первой мировой войны в Германии не эксплуатировались, а в 1922 году их купила швейцарская железнодорожная компания «Régional du Val-de-Travers», и DET1 выполняли пригородные пассажирские перевозки, пока дороги, принадлежащие компании, не были электрифицированы в 1944 году.

Первые грузовые магистральные тепловозы были построены в Советском Союзе в 1924 году, по образцу одного из них выпускались опытные локомотивы малыми сериями, а перевод советских железных дорог на тепловозную тягу состоялся только в начале 1960-х годов. Первый пассажирский магистральный тепловоз появился только в 1928 году в результате сотрудничества нескольких американских и канадских локомотивостроительных компаний.

Однако до 1930-х годов переводить железные дороги на тепловозную тягу было нецелесообразно. У построенных моторных вагонов не было системы управления электропередачей, поэтому мотористу приходилось одновременно вручную регулировать обороты дизеля

и напряжение генератора в условиях все время меняющихся скорости движения и нагрузки. Только в 1916 году Лемп создал систему управления, приемлемую для локомотивной тяги. В том же году она была отработана на двухосном мотовозе.



Рис. 5.2. Голландский мотовоз Rangeerlocomotor\_NS\_228, 1934 г.

Electro-Motive Engineering Company, основанная в США в 1922 году, в 1923 и 1924 годах построила и продала два моторных вагона, оснащенных бензиновыми двигателями, на железные дороги Chicago Great Western и Northern Pacific. В следующем, 1925 году, компания сменила имя на Electro-Motive Company (EMC) и начала полномасштабное производство, выпустив 27 моторных вагонов. В 1930 году GM, увидев перспективы производства дизельных двигателей, покупает Winton Engine Company и, ознакомившись с ее делами, покупает и EMC – ее главного клиента. Только к концу 1930-х годов EMC смогла создать мощные и надежные тепловозные (а не «игрушечные») дизели. ALCo



(American Locomotive Company) в сотрудничестве с General Electric В 1924 году выпустила первый 300-сильный дизель-электрический локомотив, а в 1929 – свой первый пассажирский тепловоз с электрической передачей.



Рис. 5.3. Renault VH — французский дизель-поезд. Производился французской компанией Renault в 1933 – 1934 году. Всего было построено 115 составов. Поезда эксплуатировались во всей континентальной Франции. Последний поезд был выведен из эксплуатации в 1970 году.

### **5.3. Тепловозостроение в СССР в довоенный период**

Постройка ДВС в России началась с дизелей почти одновременно с Западной Европой, поскольку они очень хорошо подходили для многочисленных небольших предприятий, составлявших основу экономики страны. Этому также способствовали большие запасы нефти в России, а также высокая пошлина на ввоз дизелей из-за границы. Поначалу строились только лицензионные дизели, и первым право на их производство приобрел в 1899 году управляющий предприятиями семьи Нобелей в России Э. Нобель,

который таким образом хотел увеличить сбыт нефти. В том же году на заводе «Людвиг Нобель»<sup>\*</sup> в Петербурге был выпущен первый двигатель. Он был одноцилиндровым и имел мощность 20 л.с. при частоте вращения 200 об/мин. Дизель был достаточно громоздкий, диаметр цилиндра составлял 260 мм. В качестве топлива вместо керосина в нем была применена сырая нефть, поскольку при больших запасах нефти и удобствах ее доставки водным путем по Каспийскому морю и Волге в главные промышленные центры страны Россия не имела достаточных мощностей для перегонки нефти. В ходе создания первого отечественного дизеля были переделаны его основные механизмы и применены новые, более качественные материалы.

Сравнительные испытания первого русского дизеля с его прототипом, построенным в Германии показали, что дизель завода «Людвиг Нобель» расходовал топлива заметно меньше (КПД отечественного мотора составил 34%), чем модель Аугсбургского завода и развил мощность, заметно превышающую проектную. В 1900 году завод «Людвиг Нобель» изготовил первые семь двигателей. Выпуск дизелей с каждым годом наращивался: в 1901 году было изготовлено 14 штук, в 1902 году – 20, в 1903 – 37 и в 1904 – 50. К концу 1910 года было продано 450 дизелей общей мощностью 50 000 л.с. К началу 1911 года заводом производились стационарные и судовые двигатели мощностью до 1000 л.с., в том числе и быстроходные.

Успехи дизельмоторов побудили к их производству и другие заводы. Вслед за Нобелем дизели стали производить Коломенский машиностроительный завод, завод Фельзера в Риге, Николаевский судостроительный и Харьковский паровозостроительный заводы. В 1904 году **Г. В. Тринклер** создает в России менее громоздкий и еще более экономичный бескомпрессорный дизель.

---

<sup>\*</sup> В 1919 г. завод был национализирован и получил название «Русский дизель»

Несмотря на успехи дизелестроения и постройку дизелей для речных судов и подводных лодок, параметры которых близки к тепловозным, в дореволюционной России дизельные локомотивы не строились.

В СССР первые тепловозы были построены в 1924 году. Это были первые в мире тепловозы, пригодные для магистральной работы. Локомотив системы инженера **Якова Модестовича Гаккеля** Щ<sup>эл</sup>1\* был изготовлен в Ленинграде заводами «Балтийский судостроительный» и «Красный Путиловец». Первый отечественный тепловоз имел конструкционную скорость 75 км/ч. Максимальная мощность дизеля составляла 1000 л.с., наибольшая сила тяги на ободах колес – 22 тс. Полная масса тепловоза была 180 т, он имел запас топлива 8 т, воды – 2 т и 1 тонну масла.

Локомотив имел электропередачу системы Варда Леонардо в модификации Гаккеля. Десять движущих колесных пар размещались в трех отдельных тележках, что позволяло тепловозу проходить по кривым радиусом 150 м.

Экипажная часть была сконструирована А. С. Раевским. Компоновка Щ<sup>эл</sup>1 стала классической для большинства магистральных тепловозов в мире – тележечный экипаж, электропередача, двухкабинный кузов вагонного типа, не требующий разворотов, расположение дизеля в центре.

В 1926 – 1927 годах локомотив проходил испытания на Московско-Курской ж.д., пробег составил около 60 тыс. км, а с 1934 по 1941 год использовался на Южной ж.д. в качестве электростанции. С 1972 по 1997 год Щ<sup>эл</sup>1 находился на постаменте в депо Ховрино (Москва), затем поступил в музей.

---

\* Первые советские тепловозы обозначались буквой по серии паровоза схожей мощности, а верхний индекс указывал на тип передачи.





Рис. 5.4. Магистральный тепловоз Щ<sup>ЭЛ</sup>1 системы Я. М. Гаккеля

Второй тепловоз Ю<sup>ЭЛ</sup>001\* конструкции профессора **Ю. В. Ломоносова** строился в Германии на заводе Эссlingen близ Штутгарта. Проектирование велось при непосредственном участии советских инженеров Н. А. Добровольского, В. Б. Медея и др. Грузовой тепловоз Э<sup>ЭЛ</sup>2 имел мощность 1200 л.с., скорость 50 км/ч, силу тяги 15 тс, электрическую передачу постоянного тока.

Э<sup>ЭЛ</sup>2 послужил основой для опытной серии тепловозов и дал толчок для возникновения мирового тепловозостроения как отрасли. Он сыграл выдающуюся роль в мировом тепловозостроении, так как явился, наряду с Щ<sup>ЭЛ</sup>1, первым тепловозом с электропередачей постоянного тока, благодаря чему имел гиперболическую тяговую характеристику. Э<sup>ЭЛ</sup>2 многократно описан в мировой технической литературе.

---

\* После эмиграции Ю. В. Ломоносова тепловоз получил наименование Э<sup>ЭЛ</sup>2

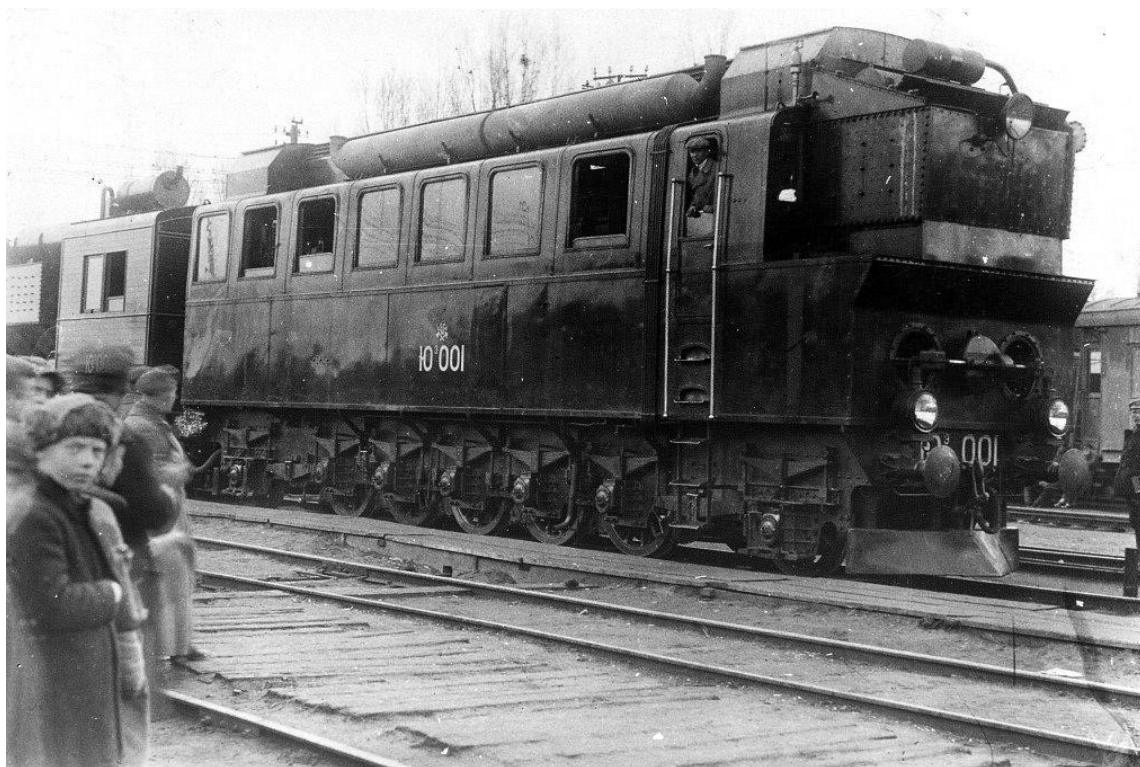


Рис. 5.5. Магистральный тепловоз Э<sup>эл</sup>2 системы  
Ю. В. Ломоносова в Киеве, 1924 г.

В 1920-х годах в СССР строятся еще несколько опытных тепловозов. В 1930 году по результатам эксплуатации первых образцов было принято решение о строительстве серийных тепловозов на Коломенском машиностроительном заводе. В качестве прототипа был принят тепловоз Э<sup>эл</sup>, имевший электрическую передачу постоянного тока и мощность 1150 л.с. На его основе создается серийный маневровый тепловоз серии «О», а также в 1934 году строится первый в Европе двухсекционный тепловоз ВМ (Вячеслав Молотов – в то время Председатель Совета народных комиссаров), мощностью 2100 л.с. Авторами этих тепловозов были инженеры Б. С. Поздняков, А. И. Козявкин и А. А. Кирнарский. За 1930 по 1937 годы было выпущено 34 тепловоза, которые успешно применялись и как магистральные, и как маневровые. Электрические машины для тепловозов Э<sup>эл</sup> и ВМ20 выпускал Харьковский электромашиностроительный завод (ХЭМЗ).

Всего было изготовлено 46 локомотивов, включая опытные образцы. Все построенные тепловозы были сосредоточены в депо

Ашхабад, где испытывался недостаток воды, пригодной для паровозных котлов. Большинство из них работали до середины 1960-х годов, после чего они были выведены из эксплуатации ввиду морального устаревания. Однако по личному распоряжению наркома путей сообщения Л. М. Кагановича в 1937 году прием тепловозов в эксплуатацию был прекращен, 18 машин, выпущенных в 1937 – 1941 годах, были оборудованы для применения в качестве передвижных дизель-электростанций. Накануне Великой Отечественной войны работы над тепловозами были полностью прекращены.



Рис. 5.6. Модель тепловоза BM20-01 на выставке в Центральном музее железнодорожной техники, Петербург

#### **5.4. Попытки создания теплопаровоза**

Поскольку первые тепловозы значительно уступали большинству паровозов по мощности, родилась идея создания гибридного локомотива, сочетающего в себе тепловоз без промежуточной передачи между дизельным двигателем и движущими колесами и паровоз. Первым эту идею высказал в 1890-х годах основатель и первый директор Харьковского технологического института В. Л. Кирпичев. Он назвал этот локомотив нефтевозом, поскольку в качестве топлива для дизеля предполагалось использовать сырую нефть. Кроме цилиндров двигателя внутреннего сгорания предусматривались цилиндры, работающие на паре. При

этом паровая машина служит для разгона, а на определенной скорости в работу включается и дизельный двигатель.

В 1939 г. на Коломенском заводе под руководством инженеров Л. С. Лебедянского, М. Н. Щукина и А. И. Козякина был создан теплопаровоз ТП1, способный развивать мощность 3000 – 3500 л.с., то есть как самый мощный грузовой паровоз ФД. При этом 1000 – 1500 л.с. локомотив должен был развивать за счет паровой машины, а 2000 л.с. за счет двухтактного ДВС. Колесная формула теплопаровоза была 1-5-1, полная масса 158 т, сцепная – 120 т. Конструкционная скорость составляла 85 км/ч.

Топливом для котла служила угольная пыль, а для ДВС – горючий газ, который получался в тендере из антрацитов. Газ и воздух подавались в цилиндры турбогазовоздухόδувкой под давлением 1,2 атм, а зажигание производилось от электросвечей.

По конструкции теплопаровоз был максимально унифицирован со многими советскими паровозами. Но, в отличие от паровозов кабина машиниста располагалась перед котлом, а будка за котлом предназначалась для персонала, обслуживающего котел и газогенератор.

26 декабря 1939 года теплопаровоз ТП1-1 совершил опытный пробег. И хотя он в опытных поездках прошел 1790 км, его работа была признана неудовлетворительной, а КПД не достиг расчетных 11%. Для исправления дефектов локомотив был отправлен на завод. Испытания продолжились в первой половине 1941 г., но из-за начавшейся войны, работы по доводке теплопаровоза так и не были завершены.

На Ворошиловградском паровозостроительном заводе также в 1939 году по проекту инженеров А. С. Близнянского, Д. В. Львова и П. А. Сороки был построен пассажирский теплопаровоз, получивший заводской № 8000. В нем была реализована идея инженера Л. М. Майзеля применить цилиндры с двумя разбегающимися поршнями, которые делят рабочий цилиндр на три полости. При трогании с места и на малых скоростях пар подается

во все три полости, а на скорости 15 – 25 км/ч в среднюю полость цилиндров вместо пара впрыскивается жидкое топливо, а пар продолжает поступать только в крайние полости.



Рис. 5.7. Теплопаровоз ТП1-1

Колесная формула теплопаровоза была 1-4-1, полная масса 140 т, сцепная – 100 т. Конструкционная скорость составляла 130 км/ч. Этот локомотив должен был иметь такие же тяговые характеристики, как и пассажирский паровоз ИС. Многие узлы и детали были заимствованы от паровозов серий ИС и Су, выпускавшихся на заводе. В октябре 1939 года начались испытания теплопаровоза № 8000, в ходе которых он прошел около 2000 км. Испытания показали, что локомотив развивает скорость до 105 км/ч, а его мощность достигает 3000 л.с. (при скорости 78 км/ч). В 1940 году теплопаровоз № 8000 доставил в Москву состав, после чего подвергся испытаниям на опытном кольце ЦНИИ НКПС. Там он показал расход топлива в два раза меньше, чем у паровоза ИС. Однако у локомотива наблюдались повышенные утечки пара, и он был отправлен на завод для доработки. Начавшаяся в 1941 году война помешала закончить работы.



В 1940 г. завод по приказу НКТМ и НКПС приступил к разработке товарного теплопаровоза типа 1-5-1, у которого принцип машины был такой же, как у пассажирского. Тяговые характеристики этого локомотива должны были соответствовать таковым у паровоза «ФД», т.е. мощность теплопаровоза на ободах колес, при скорости 85 км/ч должна быть не ниже 3000 л.с. При этом общий КПД теплопаровоза на при скорости 25 км/ч и расчетной силе тяге должен быть не менее 10%, а при скорости 60 км/ч не ниже 14%.

В 1945 г. ВПЗ построил новый теплопаровоз № 8001, в котором учитывался опыт эксплуатации первой модели. Однако этот локомотив стал последней попыткой объединения паровой машины и дизеля в одном цилиндре. Дело в том, что теплопаровоз утратил преимущества паровоза, такие как простота конструкции, надежность в эксплуатации и многотопливность, но при этом не приобрел достоинств тепловоза. В 1947 г. Харьковский завод транспортного машиностроения (ХЗТМ) приступил к выпуску тепловозов, которые были гораздо экономичней теплопаровозов.



Рис. 5.8. Теплопаровоз ТП1-1

## 5.5. Дальнейшее развитие тепловозов

Со временем тепловоз стал экономически выгодной заменой малоэффективным устаревшим паровозам. Дизельные локомотивы имеют КПД 26–29 % против 8 % у паровозов, и стоимость часа работы тепловоза уже в 1930-е годы была в два с лишним раза меньше, чем у паровоза. Его широкому распространению не помешало и внедрение электрической тяги, так как она рентабельна лишь на магистралях с достаточно интенсивным движением.

После Второй мировой войны, когда экономически более эффективная дизельная тяга начинает активно вытеснять паровозную, лидером тепловозостроения в Северной Америке становится компания General Motors. Она и компания General Electric остаются флагманами североамериканского тепловозостроения и в новом, XXI веке.



Рис. 5.9. Магистральный грузопассажирский тепловоз EMD FP7, выпускавшийся в США с июня 1949 г. по декабрь 1953 г. заводами Electro-Motive Diesel и General Motors Diesel. На тепловозе устанавливался V-образный 16-цилиндровый дизель EMD 567 мощностью 1500 л.с.

Тепловозы продолжают проектироваться и производиться многими компаниями и эксплуатируются по всему миру. В частности, тепловозная тяга преобладает в железнодорожных перевозках США, Австралии, африканских стран. Используются тепловозы и во многих странах Европы и Азии.

Основным производителем тепловозов в Великобритании является компания Brush Traction. Она была основана еще в XIX веке для производства паровозов, а затем, когда Британские железные дороги стали переходить на тепловозную тягу, стала строить и различные типы тепловозов. Первый в мире тепловоз с асинхронными ТЭД был построен компанией Brush Traction.



Рис. 5.10. Современный тепловоз фирмы General Electric, США

Одним из самых многочисленных и известных британских тепловозов является Class 47. Разработан компанией Brush Traction в ходе программы по полному переводу британских железных дорог с паровой тяги на дизельную и электрическую, который должен был завершиться к 1968 г. После создания двух прототипов было быстро развернуто серийное производство на заводах Brush Traction и Crewe Works. Class 47 оснащен двенадцатицилиндровым



дизельным двигателем Sulzer 12LDA28С мощностью 2750 л/с и имел оборудование для парового отопления пассажирских вагонов. Локомотив представляет собой компромисс между неплохой мощностью и умеренной нагрузкой на ось.



Рис. 5.11. Тепловоз Class 47. Разработан компанией Brush Traction

Class 47 с самого начала зарекомендовал себя как весьма удачный локомотив, правда, общее крайне благоприятное впечатление портила недостаточная надежность двигателя. Чтобы решить проблему, уже в середине 1960-х мощность снизили с 2750 до 2580 л/с. Проблема была решена, а тяговые характеристики снизились незначительно.

Одним из крупнейших европейских концернов, выпускающих тепловозы является Alstom (Франция). В области тепловозостроения компания сотрудничает с североамериканской EMD. В последних проектах специалисты компании уделяют особое

внимание экологической безопасности своих тепловозов, стараясь снизить выбросы в атмосферу и уменьшить их шумность. Тепловозы с электропередачей, спроектированные и построенные Alstom, экспортируются во множество стран мира.



Рис. 5.12. Грузопассажирский тепловоз СС 72 084, производства компании Alstom, Франция. Годы постройки 1968 – 1974. Мощность двигателя 2250 кВт, масса порожнего локомотива 114 т. Первые 20 тепловозов достигали скорости 140 км/ч, у последующих максимальная скорость была увеличена до 160 км/ч. Всего построено 92.

Еще одним из крупнейших мировых производителей железнодорожной техники является компания Adtranz (Германия – Швеция). В 2001 году она вошла в состав концерна Bombardier. Среди продукции этой фирмы интерес представляет семейство универсальных тепловозов нового поколения, созданных на основе последних достижений науки и техники. В начале 1990-х годов



компании Adtranz и General Electric решили совместно создать такой локомотив. Идея заключалась в том, чтобы путем небольших модификаций можно было получить тепловоз, приспособленный к различным условиям эксплуатации: в грузовом и пассажирском движении, на дорогах разной колеи, при различном состоянии пути.

При создании нового шестиосного тепловоза фирма Adtranz разрабатывала основную раму и кузов, кабины управления с кондиционированием воздуха, тележки, сцепные устройства, тормозное оборудование, а также осуществляла сборку и испытания локомотива. GE отвечала за разработку дизеля, систем подачи топлива и охлаждения, генератора, тяговых двигателей и иного электрооборудования, включая систему динамического торможения, электронную аппаратуру системы управления, в том числе дисплеев и программного обеспечения. Семейство тепловозов получило название Blue Tiger. При этом предполагалось использовать хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации технические решения и комплектующие изделия.

В конструкции тепловозов использован модульный принцип, дающий возможность не только ускорить проектирование, но также изготавливать локомотивы в различных вариантах, упростить их ремонт и техническое обслуживание. В зависимости от условий работы на них предполагают устанавливать 8-, 12-, 16-цилиндровые дизели, мощность которых варьируется от 2200 до 4400 л.с. Соответственно, осевая нагрузка тепловоза варьируется от 18 до 25 т при полной массе 108 – 150 т, а максимальная скорость от 120 до 200 км/ч. Электродинамический тормоз способен поглощать мощность от 1720 до 3720 кВт.

Тепловоз Blue Tiger выпускался с 1996 по 2004 год, всего изготовлен 61 локомотив этого типа: 30 для Пакистана с шириной колеи 1676 мм, 20 для Малайзии (1000 мм) и 11 для Германии со стандартной колеей 1435 мм.



Рис. 5.13. Тепловоз Blue Tiger



Рис. 5.14. Чехословацкий маневровый тепловоз ЧМЭЗ производства чехословацкой компании ŠKD Praha. До сих используется в странах бывшего СССР, в том числе в Украине. Мощность двигателя 1350 л.с.

В 1988 – 1989 годы на Коломенском тепловозостроительном заводе были построены два опытных пассажирских тепловоза. Восьмиосный локомотив имеет две четырехосных тележки, на рамах которых установлены восемь тяговых электродвигателей, питающихся выпрямленным током общей мощностью 4552 кВт. На тепловозе установлен V-образный четырехтактный 20-цилиндровый дизель 1Д49 мощностью 6000 л.с. при 1100 об/мин. Дизель имеет двухступенчатый турбонаддув и двойное охлаждение наддувочного воздуха.

Локомотив ТЭП80-0002 является мировым рекордсменом по скорости среди тепловозов (271 км/ч). Запись об этом можно увидеть на кузове тепловоза. Развал СССР перечеркнул возможные планы по его запуску в серию, но его ходовая часть позже использовалась в проектах новых скоростных электровозов.



Рис. 5.15. Тепловоз ТЭП80 002  
в музее железнодорожной техники, Санкт-Петербург.



В 2013 году на Брянском машиностроительном заводе был построен маневровый газотепловоз ТЭМ19. Его главной отличительной особенностью является газопоршневой двигатель, работающий полностью на природном газе. Природный газ на борту хранится в сжиженном состоянии, что позволяет существенно уменьшить объем емкости для его хранения. Использование в качестве топлива сжиженного природного газа позволяет существенно сократить эксплуатационные затраты и значительно снижает вредные выбросы в атмосферу. Блочный принцип компоновки упрощает обслуживание и ремонт локомотива. ТЭМ19 оборудуется комплексом систем безопасности. Благодаря современным шумоизоляционным материалам существенно улучшены условия работы машиниста и снижен общий уровень шума. В кабине предусмотрена система микроклимата, продумана эргономика. Локомотив ТЭМ19-001 успешно эксплуатируется в депо «Егоршино» Свердловской железной дороги.



Рис. 5.16. Маневровый газотепловоз ТЭМ19.

## **6. ТЕПЛОВОЗОСТРОЕНИЕ УКРАИНЫ**

### **6.1. Тепловозостроение в Харькове**

Как уже говорилось выше, перед войной все работы по созданию в СССР тепловозов были свернуты. В послевоенные годы остро встал вопрос о реконструкции советских железных дорог и переводе их на электровозную и тепловозную тягу. Восстанавливаемое после войны народное хозяйство нуждалось в большом количестве новых локомотивов. На конец 1946 года тепловозный парк СССР составлял 132 единицы, так как он пополнился в годы Великой Отечественной войны поставлявшимися по ленд-лизу в Советский Союз из США локомотивами. Всего было получено 68 тепловозов Д<sup>А</sup> компании ALCo и 30 Д<sup>В</sup> – компании Baldwin.

С целью скорейшего пуска тепловоза в производство было решено взять в качестве прототипа грузовой маневровый локомотив Д<sup>А</sup>. Когда решался вопрос, какому заводу поручить их выпуск – Коломенскому или Харьковскому, выбор был сделан в пользу ХЗТМ № 75 (бывший ХПЗ). Были учтены не только возможности выпуска на заводе локомотивов и дизелей, но также и то, что в Харькове на электромеханическом заводе выпускались тяговые электрогенераторы и электроаппаратура. Учитывалось также, что в Харьковском механико-машиностроительном институте



(ХММИ) имеются кафедры ДВС и локомотивостроения, возглавляемые видными учеными профессорами В. Т. Цветковым и С. М. Куценко.

Харьковский паровозостроительный завод\* является старейшим предприятием, производившим ДВС на Украине. У истоков дизелестроения, развернувшегося на заводе в 1911 году, стоял выпускник ХТИ, основатель кафедры ДВС ХПИ **В. Т. Цветков**. Именно Василий Трофимович начал формировать Харьковскую школу двигателестроения. Он работал на ХПЗ с 1911 года в течение 20 лет, где под его руководством было выпущено множество дизелей малой, средней и большой мощности.



### *Василий Трофимович Цветков*

(1887 – 1954)

Известный ученый в области двигателей внутреннего сгорания, доктор технических наук (1953), профессор (1925). В 1911 г. окончил с отличием Харьковский технологический институт. С 1911 г. в течение 20 лет работал на ХПЗ, где под его руководством было выпущено множество различных дизелей. Именно Василий Трофимович начал формировать Харьковскую школу двигателестроения. По инициативе В. Т. Цветкова в 1929 г. в ХТИ была создана лаборатория ДВС, а в 1930 г. основана кафедра ДВС.

В дореволюционный период и в первые годы советской власти заводом строились только лицензионные дизели станинного типа с компрессорным смесеобразованием, в основном фирмы MAN семейства ДВ. Двигатели были четырехтактные, тихоходные (160 – 225 об/мин) и имели от одного до четырех цилиндров. Использовались они в основном как стационарные установки на

---

\* В 1936 г. завод получил № 183, а в 1957 г. переименован в Харьковский завод транспортного машиностроения им. В. А. Малышева

промышленных предприятиях, водокачках, мельницах и т.д. В годы Гражданской войны дизелестроение на ХПЗ было прекращено и возобновилось только в 1923 году. До начала первой пятилетки производство дизелей на ХПЗ было восстановлено. В период 1928 – 1932 годов завод осваивал новую продукцию – двухтактные бескомпрессорные дизели типа «Зульцер». Выйдя на первое место в СССР по производству паровозов, ХПЗ стал также и крупным производителем дизелей.

Первоначально завод № 75 не справлялся с заданиями. Сказывалась послевоенная разруха и подводили смежники. Однако трудности удалось преодолеть, и в 1947 году на ХЗТМ стали выпускать тепловоз ТЭ1. Дизель для него, получивший наименование Д50, был четырехтактный, шестицилиндровый, развивал мощность 1 000 л.с. при 740 об/мин. На базе этого двигателя был создан судовый дизель Д50С мощностью 900 л.с. при 720 об/мин. Вскоре мощность тепловозного дизеля была повышена – новая модификация 2Д50 развивала до 1 150 л.с. при 740 об/мин, и в 1950 году был начат выпуск тепловоза ТЭ2 вместо ТЭ1, снятого с производства. План выпуска тепловозов на ХЗТМ в начале 1950-х годов составлял 6 – 8 штук в месяц.



Рис. 6.1. Американский тепловоз Д<sup>20</sup>



Рис. 6.2. Тепловоз ТЭ1

Однако мощность ТЭ1 и ТЭ2 не удовлетворяла требованиям железных дорог, поэтому еще в 1948 году, по инициативе директора ХЗТМ Ю. Е. Максарева, было принято решение об организации на заводе производства новых тепловозных дизелей мощностью 2 000 л.с. Прототипом для них был выбран 10-цилиндровый двухтактный судовой дизель фирмы «Фербенкс Морзе» (США). Такими дизелями оснащались ледоколы, получаемые Советским Союзом по ленд-лизу и приписанные к Мурманскому порту. После окончания войны эти ледоколы были направлены в Ленинградский морской порт для подготовки к отправке в США. Пока в 1949 году велись переговоры между СССР и США, один дизель был снят с ледокола, разобран и с него были тщательно сделаны эскизы и подготовлены чертежи. Опытный дизель 2Д100 был изготовлен в 1952 году. Это был двухтактный двухвальный дизель со встречно движущимися поршнями. Он имел стальной сварной блок «этажерочного» типа с вертикально расположенными цилиндрами и чугунные коленчатые валы длиной около четырех метров и массой 1 490 кг у верхнего вала и 1 740 – у нижнего.

В 1953 – 1954 годы был изготовлен первый двухсекционный тепловоз ТЭЗ, оснащенный дизелями 2Д100. Он имел мощность 4 000 л.с. и конструктивную скорость 100 км/час. ТЭЗ превосходил

самые мощные паровозы того времени. Мощность ФД в форсированном режиме составляла 3100 л.с., у послевоенного грузового паровоза ЛВ производства Луганского завода – 2600 л.с., а у самого совершенного послевоенного пассажирского паровоза ПЗ6 – 3070 л.с. При этом ТЭЗ значительно превосходил их по силе тяги и развивал с поездами существенно большие скорости.

Руководил тепловозным бюро ХЗТМ выдающийся инженер-конструктор **А. А. Кирнарский**. Александр Александрович начал свою деятельность на Коломенском паровозостроительном заводе, где участвовал в создании и доводке серийных тепловозов Э<sup>эл</sup> и первого в Европе двухсекционного тепловоза ВМ20. В 1941 году вместе с эвакуированным заводом был направлен в Киров, а в 1944 году – в Харьков на танковый завод № 75 (ХЗТМ). Здесь он принимал участие в разработке тепловоза серии ТЭ1. Далее под его непосредственным руководством были сконструированы все без исключения серийные магистральные тепловозы ХЗТМ – ТЭ2, ТЭ4, ТЭ6, ТЭ3, ТЭ7, ТЭ10, 2ТЭ10 и ряд экспериментальных тепловозов. В 1952 году А. А. Кирнарский стал Лауреатом Сталинской премии.



Рис. 6.3. Тепловоз ТЭЗ

Именно ТЭЗ обеспечил перевод советского железнодорожного транспорта на тепловозную тягу и оставался основным тепловозом на магистралях до середины 70-х годов XX века, а на малодеятельных линиях широко использовался до конца 80-х годов. Всего было выпущено 13 594 секций этого локомотива. Для сравнения, тепловозов ТЭ1 и ТЭ2 было выпущено 300 и 1 056 секций соответственно. По чертежам ХЗТМ производство тепловозов серии ТЭЗ было организовано на Коломенском и Ворошиловградском (Луганском) заводах. В 1956 году на ХЗТМ на базе ТЭЗ был разработан пассажирский тепловоз ТЭ7, предназначенный для вождения курьерских поездов со скоростью на линии Москва – Ленинград 140 км/час.

Поскольку ХЗТМ интенсивно занимался новой техникой, в 1956 году производство тепловоза ТЭ2 и семейства дизелей Д50 было передано на другие заводы, а выпуск паровозов в СССР в том же году прекращен. В 1958 году по технической документации, предоставленной заводом им. Малышева, начал выпуск дизеля 2Д100 Коломенский завод.

В 1957 году ХЗТМ выступил с инициативой создания семейства магистральных тепловозов различного назначения с мощностью 2000 – 6000 л.с. Предполагалось, что это семейство будет иметь унифицированные основные элементы – кузов, экипажную часть, силовые и электрические агрегаты и т.п.

Для реализации этого проекта предполагалось повысить мощность двигателя. Еще в 1956 году отдел 60Д приступил к разработке на базе 2Д100 дизеля мощностью 3 000 л.с., который также должен был иметь 10 цилиндров. Однако сразу повысить цилиндровую мощность до 300 л.с. не удалось, поэтому в 1958 году была изготовлена промежуточная модель – 12-цилиндровый дизель 9Д100 с мощностью 250 л.с. на секцию. Но в том же году на опытном стенде был отработан рабочий процесс при цилиндровой мощности 300 л.с. Это стало возможным благодаря внедрению двухступенчатой комбинированной системы турбонаддува.



В 1959 году были созданы первые опытные десятицилиндровый дизель 10Д100 и секция тепловоза ТЭ10. Всего выпущено 17 000 секций тепловозов серии ТЭ10 всех модификаций и выпуск продолжается до сих пор.

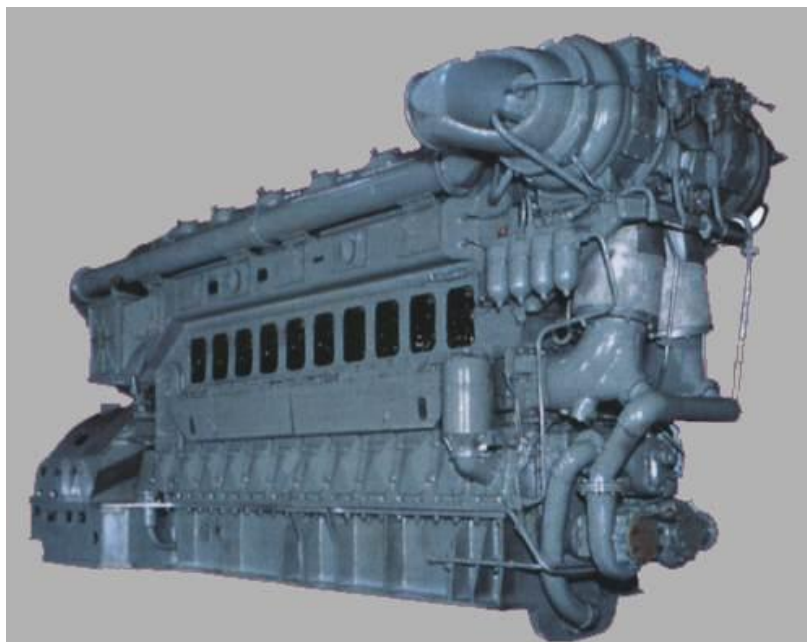


Рис. 6.4. Тепловозный дизель 10Д100



Рис. 6.5. Грузовой тепловоз 2ТЭ10М.

Служебная масса одной секции – 138 т, мощность дизеля 3000 л.с. Конструкционная скорость – 100 км/ч. Выпускался с 1965 по 2001 гг., всего построено 3273 единицы.



Рис. 6.6. Пассажирский тепловоз ТЭП10

Однако двухтактные дизели серии Д100 были созданы на базе конструкций судовых дизелей, и, по мнению некоторых специалистов, были плохо приспособлены для работы в условиях резко меняющихся нагрузок (разгон, а затем выбег поезда), отчего имели относительно высокий расход топлива. Поэтому в Харькове на кафедре двигателей внутреннего сгорания ХПИ под руководством профессора Н. Н. Глаголева в 1955 году начали разрабатывать новый четырехтактный V-образный 16-цилиндровый дизель-генератор Д70, специально приспособленного к локомотивной службе. В 1956 году при кафедре была организована научно-исследовательская лаборатория тепловозных и судовых двигателей.

Диаметр цилиндров нового дизеля составлял 240 мм, ход поршня 270 мм. Первый опытный дизель был собран в 1962 году, а в 1967 году он прошел государственные межведомственные испытания. Дизель, получивший обозначение 16ВД70, развивал мощность 3000 л.с. при частоте вращения вала 1000 об/мин и имел расход топлива 150 – 155 г на одну л.с. в час против 160 – 170 у двухтактных 10Д100. Это не только экономило топливо, но и

облегчало условия работы ряда узлов и деталей (поршни, клапаны, крышки и втулки цилиндров), а также уменьшало количество отводимого тепла, что в свою очередь позволяло уменьшить размеры холодильника.



### *Николай Матвеевич Глаголев*

(1903 – 1976)

Известный ученый в области теории и конструирования двигателей внутреннего сгорания. Доктор технических наук (1948), профессор. Окончил ХТИ в 1926 г. по специальности «Теплотехника». С 1929 г. начал преподавать в ХТИ. В 1954 – 1972 гг. заведующий кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» ХПИ. Внес большой вклад в развитие теории рабочего процесса и разработку конструкций отечественных ДВС.

В середине 1963 года на ХЗТМ началось проектирование нового двухсекционного тепловоза с дизелями Д70 мощностью 3000 л.с. Работы по проектированию возглавлял главный конструктор по локомотивостроению А. А. Кирнарский. В середине следующего, 1964 года заводом были проведены первые испытания тепловоза, которому присвоили обозначение 2ТЭ40-001 и заводское название Украина-2. По конструкции новый тепловоз, за исключением дизель-генераторной установки, был аналогичен 2ТЭ10 и ТЭ30, которые в то время выпускал Харьковский завод – тот же кузов, тележки с тяговыми электродвигателями ЭД-104А, вспомогательные машины и аппараты.

Двигатель 16ВД70 устанавливали также на экспериментальные тепловозы ТЭ109. Однако в 1968 году в связи с расширением масштабов производства танка Т-64А производство тепловозов с ХЗТМ было полностью переведено на Луганский тепловозостроительный завод (ЛТЗ), который стал крупнейшим в СССР производителем локомотивов.

## **6.2. Тепловозостроение в Луганске**

До 1956 года Луганский завод строил паровозы, в общей сложности им было построено 12 000 паровозов разных серий. Первые тепловозы ТЭЗ завод начинает строить в 1956 году по чертежам Харьковского завода транспортного машиностроения. 19 октября 1956 года завод получил название тепловозостроительного. Первой самостоятельной разработкой стала небольшая партия маневровых тепловозов для металлургического комбината в Индии.

С 1962 года завод начинает производить тепловозы 2ТЭ10Л, а затем и дальнейшие модификации тепловозов этой серии: 2ТЭ10В, 3ТЭ10М, 2ТЭ10М, 4ТЭ10С, 2ТЭ10У.

Несмотря на определенные успехи в создании тепловозов с гидropередачей, в СССР было принято решение строить для нужд МПС магистральные и маневровые тепловозы с электрической передачей. Гидравлическую передачу, наряду с электрической, сочли целесообразным применять для промышленных локомотивов.

Высокое качество Луганских тепловозов позволило поставлять их в большом количестве на экспорт. Так с 1965 года завод строит тепловозы М62, которые первоначально направлялись только на экспорт в Венгрию, а затем поставлялись на железные дороги СССР, а также Кубы, Монголии, ГДР и Польши.

Желание улучшить ходовые качества локомотивов и снизить стоимость их производства привело к созданию тепловозов с гидравлической передачей вместо электрической. С 1958 по 1962 год завод строит несколько опытных магистральных тепловозов с гидropередачей (ТГ100, ТГ102, ТГ105, ТГ106). Тепловоз серии ТГ102, созданный на ЛТЗ в 1959 году в дальнейшем выпускался Ленинградским тепловозостроительным заводом.





Рис. 6.7. Экспериментальный односекционный шестиосный грузовой тепловоз с гидравлической передачей ТГ106. Оснащен двумя дизелями Д40 мощностью по 2 000 л.с. Изготовлен на ЛТЗ в 1961 г. На тот момент это был самый мощный односекционный тепловоз.



Рис. 6.8. Грузопассажирский тепловоз с электропередачей М62. Служебная масса – 116,5 т, мощность дизеля 2000 л.с. Конструкционная скорость – 100 км/ч. Выпускался с 1965 по 2001 гг., всего построено 3273 единицы.



В 1967 году на ЛТЗ создается магистральный односекционный тепловоз ТЭ109 мощностью 3000 л.с. Он выполнялся в трех вариантах – грузовой, грузопассажирский и пассажирский. Кузов тепловоза выполнен в габарите европейских железных дорог 02-Т. ТЭ109 поставлялся на экспорт в ГДР, Болгарию, Чехословакию, Нидерланды, Польшу. Из 1001 выпущенного локомотива в Советском Союзе эксплуатировалось только 33 единицы. Высокие технические и эксплуатационные показатели ТЭ109 были отмечены большими золотыми медалями и дипломами на Пловдивской и Лейпцигской международных ярмарках в 1972, 1974, 1975 годах, а сам завод был отмечен международной премией «Золотой Меркурий» за большой вклад в развитие международного торгового сотрудничества. Тепловоз ТЭ109 стал родоначальником целого семейства магистральных тепловозов.



Рис. 6.9. Экспортный тепловоз ТЭ109 с передачей переменного тока. Служебная масса – 120 т, мощность дизеля 3000 л.с. Конструкционная скорость – 100 км/ч у грузового варианта, 120 у грузопассажирского и 140 км/ч у пассажирского локомотива. Выпускался с 1965 по 2001 гг. Всего построен 1001 тепловоз.

В 1977 году был разработан и изготовлен опытный образец тепловоза 2ТЭ121, положивший начало созданию нового мощного ряда локомотивов с секционной мощностью от 4000 до 6000 л.с. с принципиально новыми конструктивными решениями по экипажной части и тяговой передаче.

Наряду с магистральными грузовыми тепловозами ЛТЗ выпускал электропоезда постоянного и переменного тока, а также дизель-поезда.

Всего предприятием произведено и поставлено более 44 000 тепловозов, в том числе более 4000 локомотивов мощностью от в 11 стран Европы, Азии, Африки и Латинской Америки. Для сравнения отметим, что по данным Всемирного банка (по состоянию на 2007 год), эксплуатируемый локомотивный парк железных дорог всего мира насчитывал примерно 86 тыс. тепловозов и 27 тыс. электровозов.

### **6.3. Расчеты силовых установок тепловозов**

Важнейшей составляющей процесса доводки конструкции тепловоза и подготовки его к серийному выпуску являются динамические расчеты на прочность его силовой установки. Механические передачи силовых установок тепловозов представляют собой валопроводы различных конструкций. Тепловозные силовые установки являются наиболее сложными установками с ДВС, так как кроме генератора содержат еще несколько потребителей, как правило, разных типов, с различными характеристиками сил полезных сопротивлений. Этими потребителями являются вспомогательные механизмы тепловозов, необходимые для нормальной эксплуатации двигателя и самого тепловоза. К ним относятся вентиляторы холодильной камеры двигателя, вентиляторы охлаждения ТЭД и главного генератора, воздушный компрессор тормозной системы и др. Часть этих механизмов работает при работе двигателя постоянно, а другая часть – по мере надобности. Если к двигателю

присоединяется несколько механизмов, то в механической передаче устанавливается распределительный редуктор, разбивающий основной валопровод на несколько ветвей. Соединение этих ветвей с раздаточным редуктором осуществляется с помощью различного рода соединительных муфт, облегчающих монтаж всей передачи. Упругие соединительные муфты существенно влияют на характеристики системы передачи и позволяют придавать ей различные свойства. Для подключения или отключения механизмов, работающих не постоянно, применяются включающие муфты. Кроме того, часто используются гидромуфты, основным назначением которых является разделение механической системы на независимые в отношении крутильных колебаний части. Именно благодаря этому многообразию различных видов силовых передач в одной системе, методы динамических расчетов, разработанные для механических передач тепловозов, приобретают более общее значение и могут быть использованы для других видов установок.

Основным видом колебаний в тепловозах являются крутильные колебания силовых передач, которые возбуждаются периодическими моментами, действующими на цилиндрические массы, моментами на валу поршневого компрессора, а также моментами сил, возникающих при «изломе» в головках карданных валов. Аэродинамические силы, действующие на валы осевых и центробежных вентиляторов, изменяются незначительно и не вызывают крутильных колебаний. При этом переходные процессы в механических передачах тепловозов значительно разнообразнее установившихся колебаний. Это вызвано тем, что при эксплуатации тепловоза нередко возникает потребность в изменении режимов работы всей механической передачи, в изменении условий работы отдельных вспомогательных силовых механизмов и, наконец, как указывалось, в подключении и отключении некоторых из них. В зависимости от температуры охлаждающей жидкости в двигателе нужно включать или отключать вентилятор холодильной камеры. Воздушный компрессор в зависимости от давления в тормозной

системе может работать на холостом режиме или под нагрузкой. И включение вентилятора, и переключение компрессора делается без остановки основной части механической передачи, которая вращается с постоянной угловой скоростью, но имеет несколько стационарных режимов. Таким образом, система часто переходит с одного режима на другой, и при эксплуатации силовых установок тепловозов в их механических передачах могут возникать не только установившиеся, но и переходные процессы, а деформации, возникающие в силовых передачах, определяются не только действующими нагрузками, но и упругими колебаниями.

В систему тепловоза с электропередачей включен генератор, момент инерции ротора которого в сотни раз больше моментов инерции остальных тел, и можно считать, что при вынужденных колебаниях он не колеблется. В связи с этим генератор выполняет функцию маховика, являясь разделителем колебательной системы. Поэтому приводы вспомогательных механизмов, подключенные к валу генератора, не испытывают переменных воздействий от вала двигателя.

Внедрение в производство скопированного у фирмы ALCO тепловозного дизеля Д50 особых проблем вибраций не вызвало. Однако уже на этом дизеле возник опасный резонанс на частоте вращения 800 об/мин, что было достаточно близко к максимальным оборотам двигателя (740 об/мин). По этой причине Пензенский дизельный завод, куда было передано производство этих двигателей, отказался от перехода на чугунные коленчатые валы, несмотря на то, что на ХЗТМ их успешно испытали.

Конструирование дизеля 2Д100 и приводов вспомогательных механизмов тепловоза ТЭЗ также происходило без предварительных динамических расчетов. На тот момент ТЭЗ являлся наиболее распространенным тепловозом в Советском Союзе и составлял около 70 % его тепловозного парка. Но, как показал опыт эксплуатации этого тепловоза, и двигатель, и силовые передачи потребовали доводки ввиду их невысокой надежности. В связи с этим ХЗТМ в конце 1950-х годов вынужден был обратиться за

помощью к сотрудникам ХПИ, где в рамках Инженерно-физического факультета существовала проблемная лаборатория «Динамическая прочность деталей машин».

Исследования динамической прочности силовых механических передач тепловозов, проводились в ХПИ под руководством Льва Израилевича Штейнвольфа в течение многих лет. При этом накапливался опыт, совершенствовалась методика расчетов и средства их проведения. Эти исследования были первыми исследованиями колебаний силовых передач тепловозов. Все опубликованные ранее работы, посвященные динамике крутильных систем, относились к задачам анализа. Исключение составляли, пожалуй, только работы Терских и Толле, однако, необходимых на практике задач синтеза они не решали. Таким образом, решение задач синтеза валопроводов по вибрационным характеристикам было также новым в динамике машин.



*Лев Израилевич Штейнвольф*

(1916 – 1991)

Известный ученый в области механики, динамики машин и прикладной теории колебаний, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической механики ХПИ. Выпускник ХММИ по специальности динамика машин (1939). Основное направление исследований – динамика силовых установок с ДВС. Руководил в ХПИ научно-исследовательской группой силовых установок в Проблемной лаборатории по динамике и прочности машин. В 1966 г. защитил докторскую диссертацию на тему: «Динамика механических передач силовых установок тепловозов».

Несмотря на это, расчеты переходных процессов, сопровождавшиеся экспериментальной проверкой, позволили заводу внести



изменения в конструкцию привода, повышающие его надежность. Тем не менее, при эксплуатации тепловоза ТЭ10 в приводе вспомогательных механизмов на установившихся режимах работы, возникали установившиеся вынужденные колебания, возбуждаемые моментами газовых сил и сил инерции. Кроме того, беспокоили колебания при переходных режимах, таких как запуск или остановка двигателя, смена режима при переключении контроллера с одной позиции на другую, включение или выключение электромагнитных порошковых муфт и переключении этих муфт с одной ступени на другую\*. Устранение этих недостатков требовало получения более достоверных данных о динамической напряженности элементов силовых передач, для чего были проведены обширные экспериментальные исследования динамических процессов в натурных условиях. Они проводились лабораторией динамики Всесоюзного научно-исследовательского тепловозного института (ВНИТИ) с участием работников ХЗТМ и Л. И. Штейнвольфа. Программа испытаний была составлена заводом им. Малышева совместно с ХПИ и согласована с ВНИТИ. Объектом исследований был тепловоз ТЭ10.017. Аппаратура, позволяющая измерять колебания масс системы и упругие моменты в соединительных валах, устанавливалась в динамометрическом вагоне ВНИТИ, который сцеплялся с тепловозом и позволял проводить работы и на стоянке, и в движении. Поскольку данное исследование было уникальным, дорогостоящим и трудоемким, в его программу включили не только штатные режимы работы тепловоза, но и внештатные ситуации, не предусмотренные при нормальной эксплуатации машины.

Результаты экспериментов были тщательно обработаны и дали бесценный материал для проведения расчетов не только для тепловоза данного типа, но и для всех последующих работ.

---

\* В тепловозе ТЭ10 применяется двухступенчатое включение главного вентилятора холодильника. 1-я ступень – для разгона от нуля до 980 об/мин и 2-я ступень – от 980 до 1250 об/мин

Сопоставление экспериментальных данных с расчетными показало, что методика расчетов дает хорошие результаты. Весьма важным для проведения дальнейших расчетных исследований стало получение достоверных характеристик внешних воздействий, а именно: закона нарастания момента, передаваемого муфтой; нелинейной характеристики сил трения, возникающих в полумуфтах при скольжении, закона пуска или остановки двигателя; характеристик полезных сопротивлений механизмов, включенных в привод.

Накопленный опыт и полученные результаты, подтверждающие теоретические и расчетные выводы, были использованы при проведении расчетов для тепловоза ТЭ40, которые являются первым примером динамических расчетов механических передач, выполненных во время конструктивной разработки. На ТЭ40 был применен новый дизель Д70, а вспомогательные силовые механизмы оставлены те же, что и на ТЭ10, но имели другие мощности и рабочие режимы. Эти обстоятельства позволяли использовать накопленные данные о параметрах системы и программное обеспечение. Поскольку конструкция еще не была разработана, сначала рассматривалась задача синтеза. При ее решении исходили из того, что вспомогательные механизмы уже отработаны и их параметры не следует менять. В результате расчетным путем были подобраны параметры приводов вентиляторов охлаждения ТЭД, главного и вспомогательного вентиляторов холодильника, компрессора и тахоагрегата.

После приобретения определенного опыта и накопления методики и программ расчетов, в группе Штейнвольфа приступили к динамическим расчетам силовых установок тепловозов производства ЛТЗ. Экспериментальные работы, проведенные Луганским филиалом ВНИТИ, давали необходимые материалы для определения упругих характеристик элементов передачи. Были исследованы переходные процессы приводов вспомогательных механизмов тепловозов с электропередачей 2ТЭ10Л и М-62,

спроектированного по заказу Венгерской народной республики, и предназначенного также для экспорта в другие страны.

Были проведены также масштабные исследования для тепловоза ТГ106 с гидромеханической передачей, в которой между двигателем и механической передачей к колесам устанавливается гидротрансформатор. В связи с этим, в отношении крутильных колебаний вся система разделяется на две независимые части: первая - двигатель и часть системы до насосного колеса гидротрансформатора и вторая - система передачи мощности от турбинного колеса гидротрансформатора к колесным парам.

Кроме установившихся колебаний, при начале движения и при изменении скорости в этой части системы развивались интенсивные автоколебания, вызванные силами сухого трения в точке контакта при буксовании колес тепловоза, которые являются нелинейными функциями буксования. Хотя этому виду колебаний и была посвящена обширная литература, на практике ему не уделялось должного внимания. Лишь в связи с созданием тепловозов с гидромеханической передачей, где фрикционные автоколебания явились причиной многочисленных разрушений соединительных валов, на них обратили внимание. Основным динамическим расчетом, выполненным для этой части системы, был расчет переходного процесса, возникающего при начале движения тепловоза.

Специально проведенное экспериментальное исследование выявило ряд ранее неизвестных особенностей этих колебаний, что потребовало, в свою очередь, проведения теоретического обоснования новых явлений. В результате были построены методы расчета амплитуд фрикционных автоколебаний этого вида, как приближенные, так и точные, осуществляемые на ЭВМ. Анализ результатов показал, что данный вид колебаний возможен не только в гидромеханических передачах тепловозов, но и в любых механических передачах, имеющих скользящие пары с сухим

трением. В ряде случаев именно они определяют динамическую прочность передачи.

Таким образом, в течение ряда лет в коллективе, возглавляемом Л. И. Штейнвольфом, был исследован широкий круг задач по динамическим расчетам крутильных вибрационных систем при установившихся и переходных режимах. Изучение особенностей механических передач тепловозных силовых установок позволило поставить ряд новых задач общего характера, решение которых позже было распространено и на механические передачи силовых установок, используемых в различных областях машиностроения. Из выполненных расчетов и экспериментальных исследований следует, что для крутильных вибрационных систем необходимо проводить динамические расчеты не только при установившихся, но и при переходных режимах. Возникающие в них напряжения, несмотря на кратковременность этих режимов, могут быть настолько большими, что именно они определяют прочность элементов системы. Если учесть к тому же их частую повторяемость для многих систем, то становится ясна необходимость в расчетах неустановившихся колебаний.

Числовые результаты, полученные при экспериментальных и расчетных исследованиях тепловозов производства ХЗТМ и ЛТЗ, способствовали не только совершенствованию существующих конструкций механических передач, но и проектированию новых. Применение ряда полученных результатов позволило устранить имевшие место выходы из строя отдельных узлов механических передач тепловозов. В результате за период с 1964 по октябрь 1968 года срок службы дизелей Д100 был повышен на 100% и достиг 20 000 часов работы до капитального ремонта. Межремонтный срок до первой переборки повышен с 3 000 часов до 3 500.

## **7. ГАЗОТУРБОВОЗЫ**

### **7.1. Создание газовых турбин**

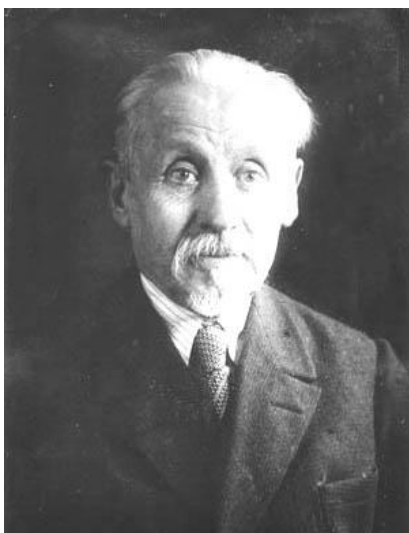
На рубеже XX века появляются теоретические исследования о возможности построения турбин, в которых сгорание газовой смеси происходит внутри, как у ДВС. При этом воздух и горючее предварительно сжимаются до определенного давления, затем сжигаются в специальной камере, а продукты сгорания подводятся к турбине, в которой происходит их расширение для получения механической энергии. Таким образом, газовая турбина представляет собой новый и наиболее совершенный тип теплового двигателя, обладающего всеми преимуществами своих предшественников и свободного от их недостатков. От паровой турбины в ней заимствована идея преобразования потенциальной энергии газа в равномерное вращательное движение рабочего колеса без промежуточных механизмов. От двигателя внутреннего сгорания заимствована идея непосредственного преобразования топлива в рабочее тело путем сжигания его в камере сгорания. Отсутствие котла и всей паровой аппаратуры выгодно отличает газовую турбину от паровой, а отсутствие поршня и кривошипно-шатунного механизма является существенным преимуществом по сравнению с двигателем внутреннего сгорания.



Первый газотурбинный двигатель (ГТД) с процессом горения при постоянном давлении спроектировал и построил инженер-механик русского флота П. Д. Кузьминский в 1897 г. В 1906 г. В. В. Караводин разработал, а в 1908 г. построил и испытал более экономичный ГТД – с пульсирующим процессом (горением при постоянном объеме). Однако мощность опытной турбины Караводина составляла всего 2 л.с. Гораздо более мощной (83 л.с.) была турбина Арманго, изготовленная в то же время. Однако ее КПД составлял всего 3%.

В 1908 г. к созданию газовой турбины приступил немецкий конструктор Ганс Гольцварт. Он избрал тип турбины, работающей отдельными взрывами с небольшим предварительным сжатии, причем давление взрыва дошло до 9 атмосфер. В новой опытной турбине Гольцварта были введены некоторые конструктивные усовершенствования, а первоначальное сжатие было повышено, вследствие чего и давление взрыва повысилось до 12 – 14 атмосфер. Однако КПД этой турбины не превосходил 13% как и у хороших паровых машин. Дальнейшие опыты с газовой турбиной Гольцварта были прекращены из-за больших затрат денежных средств и технических трудностей, которые не удалось преодолеть.

Коэффициент полезного действия газовой турбины зависит от температуры газа перед соплами: чем выше температура, тем выше коэффициент. Однако по условиям жаропрочности применяемых сплавов современные турбины не допускают высоких температур газа, что приводит к сравнительно невысоким коэффициентам полезного действия. По этим причинам развитие стационарных и транспортных газовых турбин задерживается. Создание эффективных газовых турбин стало возможным лишь после того, как металлургия освоила производство сплавов, способных длительное время работать с большими напряжениями и при высокой температуре. Теорию газовых турбин и современную газотурбинную установку с горением при постоянном давлении разработал советский ученый профессор В. М. Маковский.



*Владимир Матвеевич  
Маковский*

(1870 – 1941)

Ученый-механик, специалист в области турбиностроения, доктор технических наук, заслуженный профессор УССР (1924), ректор Днепропетровского горного института (ныне Украинский национальный горный университет). Создатель научной школы в области турбиностроения. После переезда в 1930 г. из Днепропетровска, где он возглавлял кафедру теплотехники в Metallургическом институте, основал в ХММИ кафедру турбиностроения. Скончался в январе 1941 г.

Создание нового типа турбинного двигателя – газовой турбины стало главным направлением исследований на кафедре турбиностроения ХММИ. Коллектив кафедры взялся за разработку этой проблемы в условиях недоверия со стороны технической общественности, которая очень скептически и недоверчиво относилась к идее создания экономически выгодной стационарной газовой турбины.

Кафедра завязывает тесные отношения с Харьковским турбинным заводом, где Владимир Матвеевич был главным консультантом от АН УССР. В 1933 г. по инициативе Маковского при кафедре была создана первая в СССР газотурбинная лаборатория, которая позволила проводить уникальные исследования и испытания. Несмотря на отсутствие официального признания преимуществ нового двигателя, кафедре под руководством и по проекту В. М. Маковского с привлечением студентов старших курсов и дипломников удалось в 1940 году построить на ХТГЗ по чертежам кафедры первую газовую турбину мощностью в 1000 кВт, а эффективность системы охлаждения обеспечивала начальную температуру газа 800° С.

Турбина была смонтирована в Горловке на шахте подземной газификации угля, где был создан филиал лаборатории кафедры.

Успех был огромный – газовая турбина уже стала реальностью. Владимир Матвеевич Маковский стал основателем советской школы газотурбостроения. После его смерти в 1941 г. заведующим кафедрой турбиностроения ХММИ стал Я. И. Шнеэ.

В годы Великой Отечественной войны ХММИ был эвакуирован в Красноуфимск (Башкирия). Несмотря на тяжелые времена, деятельность кафедры не остановилась. По заданию руководства страны ученые разрабатывали для боевых кораблей двигатель легкого типа – газовую турбину. Благодаря своим компактным размерам и отсутствию котла такая турбина идеально подходила для небольших кораблей.



### *Яков Исидорович Шнеэ*

(1902 – 1977)

Выдающийся ученый в области теплотехники, доктор технических наук (1947), профессор (1949), заведующий кафедрой турбиностроения ХПИ с 1941 по 1976 гг. В 1925 г. окончил Днепропетровский металлургический институт. С 1930 г. работал на Харьковском турбинном заводе заместителем начальника, а с 1932 г. – главным конструктором заводского бюро турбиностроения, отдел паровых турбин. В 1929 г. изучал опыт турбиностроения в Германии, а в 1934-м – в Великобритании. Принимал участие в создании первой в СССР промышленной газовой турбины Маковского. Под руководством Якова Шнеэ совместно с ОАО «Турбоатом» спроектированы уникальные последние ступени мощных паровых турбин для тепловых и атомных электростанций. Я. И. Шнеэ подготовил 35 кандидатов технических наук, из которых 7 впоследствии защитили докторские диссертации.

Уже в 1943 году кафедра разработала проект и выполнила чертежи нового газотурбинного двигателя. По возвращении в Харьков и восстановления ХТГЗ и института работы над газотурбинным двигателем были продолжены. Опытная газовая

турбина была изготовлена с большим опозданием, только в 1948 г. в Москве на заводе при Центральном научно-исследовательском институте технологии машиностроения. Испытания турбины проходили на ХТГЗ. В 1950-е гг. первый в Советском Союзе ГТД, предназначенный для боевых кораблей, был пущен в производство.

Однако мощность и экономичность ГТД все еще ниже, чем у паровых турбин, поэтому в стационарных установках и на транспорте они применяются очень редко. Зато именно создание газовой турбины явилось одним из основных условий, обеспечивших развитие турбореактивных и турбовинтовых двигателей, находящих широкое применение в современной авиации. Турбореактивные двигатели отличаются исключительной простотой, поскольку турбина используется непосредственно для создания тяги.

Успешное применение газовых турбин на самолетах, а также в судовых и стационарных установках привело к идее создания газотурбовоза – локомотива, у которого первичным двигателем является газовая турбина. На газотурбовозах практически всегда используется электрическая передача: газотурбинный двигатель соединен с генератором, а вырабатываемый ток подается на электродвигатели, которые приводят локомотив в движение.

Основное преимущество газотурбовоза состоит в том, что газотурбинный двигатель может работать на самом низкосортном, дешевом жидком топливе (мазуты, сырая нефть, конденсаты каменноугольного производства и т. д.), а также и на молотом твердом (пылевидном). Силовая установка не нуждается в водяном охлаждении; ее масса меньше, чем у дизеля такой же мощности, что позволяет легче получить большую мощность локомотива в одной секции. Расход масла у газовой турбины в несколько раз меньше, чем у дизеля благодаря меньшему количеству подшипников и отсутствию поршней.

Однако газотурбинная установка локомотива имеет и недостатки – более низкий КПД по сравнению с дизелем, обусловленный ограничением температуры газов перед турбиной по условию жаростойкости материала ее лопаток; увеличенный расход топлива на единицу полезной работы при неполной нагрузке турбины. На

самолетах и судах газотурбинные установки постоянно работают практически с полной нагрузкой. В отличие от них локомотивы работают с переменной нагрузкой, что снижает эффективность использования ГТД.

Высокие технико-экономические показатели авиационных ГТД определяются длительностью ее работы с температурой окружающего воздуха порядка  $-50^{\circ}\text{C}$ . С повышением окружающей температуры мощность ГТД заметно падает. На судах есть возможность оборудования установки крупногабаритными теплообменниками, что позволяет иметь достаточно высокий КПД независимо от температуры окружающего воздуха. Локомотивы же работают при температуре окружающего воздуха, изменяющейся в широких пределах (от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ), а установить на них достаточно большие теплообменники затруднительно из-за ограничений по весу и габаритам. Поэтому их КПД значительно меньше, чем на самолетах или судах.

## **7.2. Первые газотурбовозы**

Первый в мире газотурбовоз мощностью 1600 кВт построен в 1941 году в Швейцарии. Кузов и экипажную часть изготовил локомотивостроительный завод Винтертур, газотурбинную установку с одновальным двигателем и электрооборудование фирма Brown, Boveri & Cie. Два года этот локомотив испытывался в Швейцарии. Однако мощность его силовой установки в опытных поездках использовалась не более чем наполовину, отчего КПД не превышал 7–9%. В результате локомотив был передан Франции, где регулярно эксплуатировался на железных дорогах и к концу 1950 года имел пробег около 280 тыс. км.

Второй газотурбовоз фирмы Brown, Boveri & Cie, построенный в 1949 году, оказался более удачным. Спустя 10 лет его пробег составил около 600 тыс. км, а турбина наработала более 9 тыс. часов. Поездная работа позволила получить важные данные об этом типе локомотива, в частности установить зависимость его КПД в зависимости от нагрузки.





Рис. 7.1. Газотурбовоз фирмы Brown, Boveri & Cie, построенный в 1949 году для вождения пассажирских поездов.

Идеей создания газотурбовоза увлеклись и в других странах. В 1948 году для компании Union Pacific, владеющей самой большой сетью железных дорог в США, фирмы General Electric и ALCO построили первый односекционный газотурбовоз. В Америке газотурбовозы сокращенно назывались GTEL (газо-турбо-электрический локомотив). Они предназначались для замены самых мощных в мире паровозов «Big Boy», которые водили поезда через самый тяжелый участок железной дороги – горный хребет Уосатч.

На горных участках железнодорожники столкнулись с еще одной трудностью эксплуатации – в туннелях турбинам не хватало воздуха, и они гасли, происходило явление, которое называют «срыв пламени». Тогда на тех участках, где были туннели, к газотурбовозу цепляли дополнительный тепловоз. При этом оба локомотива управлялись одной бригадой из кабины газотурбовоза.

После выпуска первых 25 газотурбовозов было построено 30 более мощных локомотивов этого типа. Скорость движения грузовых поездов с ними увеличилась с 29 до 45 км/ч. Среднемесячный пробег составил 19 –20 тыс. км – в два раза больше, чем у тепловозов.



Рис. 7.2. Газотурбовоз Union Pacific GTELs, США мощностью 8 470 л.с.  
Производился с января 1952 по июнь 1961 г.

Эксплуатация первого газотурбовоза выявила и первые трудности. При любом понижении температуры воздуха тяжелое топливо превращалось в вязкую как кисель массу, которую топливный насос не мог закачать из бака. Пришлось запускать турбину на обычном дизельном топливе, а от горячих газов питать парогенератор, который разогревал топливо, поступающее в камеру сгорания. Поэтому на первых газотурбовозах было два бака для топлива и один для воды, питающей парогенератор. Это потребовало специального прицепа-тендера.

Опытные образцы и небольшие партии газотурбовозов с одновальными двигателями строились в некоторых странах до 1961 года включительно, но затем их изготовление прекратилось.

### **7.3. Отечественные газотурбовозы**

В СССР работы по созданию первого отечественного двухсекционного грузового газотурбовоза начались в 1955 году на



Коломенском заводе. На нем было организовано специальное конструкторское бюро, которое возглавил главный конструктор Лев Сергеевич Лебединский. были созданы производственные и экспериментальные участки и лаборатории, испытательные стенды.

Первый магистральный грузовой газотурбовоз с электрической передачей Г1 был построен в декабре 1959 года. На нем была применена одновальная газотурбинная установка ГТ-3,5 мощностью 3500 л.с. кВт (2575), КПД составил– 18,5%. Эксплуатационные испытания Г1 проходил в депо Кочетовка Юго-Восточной дороги с грузовыми поездами массой 2200 – 2800 тонн. К концу года его общий пробег достиг 30 тыс. км. Испытатели отмечали хорошие эксплуатационные качества газотурбовоза, его надежную работу в летних и зимних условиях.

С целью экономии газотурбинная установка использовалась только при движении под нагрузкой. Для маневров и следования резервом служила вспомогательная силовая установка: дизель 1Д6 и маневровый генератор МПТ-49/16. Основными недостатками созданной модели был большой расход топлива и сложность конструкции.



Рис. 7.3. Газотурбовоз Г1-01 на территории Коломенского завода

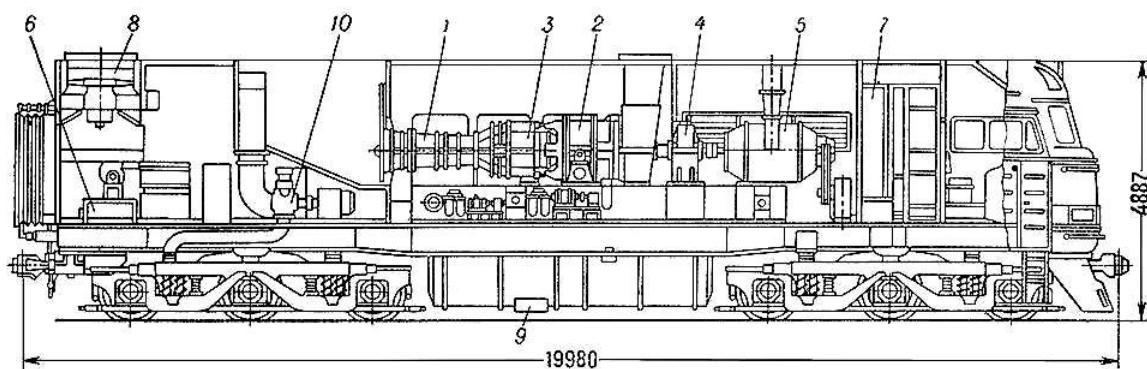


Рис. 7.4. Расположение силового оборудования газотурбовоза Г1-01: 1 – компрессор; 2 – турбина; 3 – камеры сгорания; 4 – редуктор; 5 – главные генераторы; 6 – вспомогательный дизель; 7 – высоковольтные камеры; 8 – холодильник газотурбинного двигателя; 9 – топливный бак; 10 – тормозной компрессор.

Затем в 1964 году также на Коломенском заводе на базе серийного тепловоза ТЭП60 были построены еще два пассажирских газотурбовоза ГП1. На нем была применена та же газотурбинная одновальная установка ГТ-3,5, а для маневровых передвижений служила вспомогательная силовая установка: дизель 1Д12 Барнаульского завода и маневровый генератор МПТ-49/25-3К мощностью 195 кВт. В начале 1965 года ГП1-0002 испытывался на экспериментальном кольце Всесоюзного НИИ железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ). Затем все три локомотива были направлены в депо Львов Московской дороги для опытной эксплуатации.

На Луганском тепловозостроительном заводе также занимались разработкой локомотивов с ГТД. Опытный газотурбовоз ГТ101 был изготовлен с свободнопоршневыми генераторами газов (СПГГ). Он проектировался в двухсекционном варианте, но в 1960 году была выпущена лишь опытная секция (ГТ101-001). Из-за ряда технических недостатков, а также из-за сворачивания в стране работ по газотурбовозам, ГТ101 в эксплуатацию не поступил. Если газотурбовоз Г1-01 работал с грузовыми поездами эпизодически, то пассажирские газотурбовозы эксплуатировались регулярно, наравне с приписанными к депо тепловозами ТЭП60, в результате пробег у ГП1-0001 и ГП1-0002 оказался в 3–4 раза выше, чем у Г1-01.





Рис. 7.5. Газотурбовоз ГП1-0001 на территории Коломенского завода



Рис. 7.6. Газотурбовоз ГТ101-001 на территории Луганского завода



КПД газотурбозов составил примерно 15% и расход топлива оказался в 2,3 – 2,4 раза больше, чем у основного магистрального тепловоза ТЭЗ. Но, поскольку используемое ими тяжелое топливо было в два раза дешевле дизельного, а расход смазочного масла в 7 – 10 раз меньше, чем у тепловоза, то суммарные затраты были практически одинаковыми. Однако из-за использования дешевых сортов нефтяного топлива турбины быстро загрязнялись и требовали частого ремонта. Низкий КПД при малой нагрузке вынуждал устанавливать дополнительно дизель и генератор небольшой мощности. К тому же газотурбозовы имели высокий уровень шума. Из-за указанных недостатков в 1973 году Коломенский завод прекратил все работы по газотурбозовам.

В последние годы снова возрос интерес к использованию газотурбинных двигателей на железнодорожном транспорте, поскольку их тепловая экономичность значительно повысилась и уже приближается к поршневым двигателям.

Так как мощность современных тепловозов ниже, чем у электровозов, то приходится создавать станции стыкования электрической и тепловозной тяги. На них составы переформируются. На железных дорогах России имеется целый ряд таких станций. Применение ГТД, имеющих большую мощность при малом массе и габаритах, позволяет создать автономный локомотив, равноценный по тяге и скорости перспективным электровозам, а по экономичности и надежности не уступающий тепловозу. Он будет способен состав массой свыше 6000 тонн без переформирования доставить до места назначения.

С 2005 года ОАО «РЖД» проводит комплексные научно-исследовательские работы по созданию локомотива с газотурбинной силовой установкой мощностью 8300 кВт (11 285 л.с.), работающей на сжиженном природном газе (СПГ). Предполагается, что локомотив будет использоваться в Сибири, богатой природным

газом. Газотурбовоз имеет целый ряд преимуществ: простота конструкции, малая масса деталей и узлов газотурбинной установки и, естественно, меньшая масса, приходящаяся на единицу мощности, использует более дешевое топливо. Запускается ГТД за 2 – 3 минуты без предварительного прогрева даже при низких температурах. Сразу после выхода на частоту вращения холостого хода двигатель без прогрева может принимать полную нагрузку, он также не требует жидкостной системы охлаждения. Важны также меньшая трудоемкость и стоимость ремонта. Применение природного газа более безопасно, чем бензина, авиационного керосина, дизельного топлива, поскольку он легче воздуха и при разливе криогенное топливо быстро улетучивается. Даже при небольшой утечке природного газа, посредством газового анализа она может быть обнаружена, что позволяет меры для предотвращения воспламенения. Испытания также показали, что газотурбовоз является самым экологически чистый в мире локомотивом. Его показатель выхлопа по наиболее опасному загрязнителю – оксидам азота в два раза ниже предписанного европейскими нормами.

К недостаткам газотурбовоза следует отнести пониженный КПД газовой турбины и повышенный удельный расход топлива при работе с составами массой до 6000 тонн, необходимость хранения криогенного топлива и создания для этого специальной наземной инфраструктуры.

В 2007 году по инициативе ОАО «РЖД» на базе электровоза ВЛ15-008 был изготовлен опытный газотурбовоз ГТ1-001. Газотурбинные установки произведены в Самаре, сборка локомотива осуществлена на Воронежском тепловозоремонтном заводе имени Ф. Э. Дзержинского. 4 июля 2008 года этот локомотив впервые провел грузовой состав массой равна 3 тыс. т на участке Кинель – Жигулевское море Куйбышевской железной дороги. Газотурбовоз был продемонстрирован на выставке «Иннотранс-2008» в Берлине.

В октябре 2009 года ОАО «РЖД» получило диплом Книги рекордов Гиннеса за создание самого мощного в мире магистрального газотурбовоза, работающего на сжиженном природном газе. А 7 сентября 2011 года в рамках III Международного салона «ЭКСПО 1520» локомотив ГТ1-001 поставил новый мировой рекорд, проведя грузовой состав из 170 вагонов общей массой 16 тыс. тонн по Экспериментальному кольцу ВНИИЖТа в Щербинке.

Позднее опытный локомотив дополнили накопителем электрической энергии – мощной аккумуляторной батареей. Это позволило при маневровых передвижениях и других режимах малых нагрузок не эксплуатировать мощную газовую турбину, а использовать накопленную электроэнергию. Локомотив с гибридным силовым приводом получил новое обозначение – ГТ1h-001. После этого началась его подконтрольная эксплуатация на Свердловской дороге. С октября 2013 года газотурбовоз водит тяжеловесные поезда массой 6000 – 9000 тонн на участке Егоршино – Серов-сортировочный, его пробег составил более 53 тыс. км.

Такие результаты позволили приступить к созданию на Людиновском тепловозостроительном заводе следующего промышленного образца, получившего обозначение ГТ1h-002. Имея одинаковое обозначение серии, новый локомотив по конструкции принципиально отличается от предыдущего. Он имеет полностью заново построенную экипажную часть на основе главной рамы и тележек тепловоза ТЭМ7А. Длина каждой секции локомотива – 21,5 м, а его общая длина – 43 м. Новая криогенная емкость вмещает до 20 тонн сжиженного газа, а ее конструкция позволяет осуществлять дозаправку непосредственно на локомотиве.



Рис. 7.7. Российский Газотурбовоз ГТ1h-002. Мощность локомотива 8300 кВт, сила тяги в длительном режиме 80 т, а при трогании – 90 т, общая масса 368 т, максимальная нагрузка на ось 23 тс., конструкционная скорость 100 км/ч. Масса тяговой и бустерной секций с емкостью для хранения сжиженного природного газа по 184 тонны, одной заправки сжиженного природного газа хватает на 750 км.

Итак, в XXI веке газотурбинная тяга снова появляется на железных дорогах. Перспективу замены дизельного топлива для локомотивов газом можно сравнить с некогда революционным уходом от паровозной тяги. Возможно, появление газотурбовозов и локомотивов с двигателями внутреннего сгорания, использующими сжиженный природный газ, станет таким же новым этапом в развитии тягового подвижного состава.

## **8. КАФЕДРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА И ТЕПЛОВОЗОСТРОЕНИЯ НТУ «ХПИ»**

Подготовка в Харьковском технологическом институте инженеров-паровозостроителей началась в 1892 году и была обусловлена потребностями Харьковского и Луганского паровозостроительных заводов в кадрах инженеров-механиков железнодорожного транспорта. Основателем этой специальности стал профессор П. М. Мухачев. Петр Матвеевич является автором многих фундаментальных трудов в области паровозостроения, а также и в области различных заводских машин. Его работы по теории и конструкции паровозов стали энциклопедиями того времени. В них глубокое и всестороннее изложение вопросов теории сочеталось с прекрасным литературным стилем.

После революции в ХТИ была организована кафедра паровозостроения, и первым ее заведующим стал ученик П. М. Мухачева профессор В. В. Монич. Василий Васильевич родился в Новгородском уезде Минской губернии в 1874 году в крестьянской семье. В 1909 году он с отличием окончил ХТИ, получил звание инженера-технолога и был направлен для работы на Луганский паровозостроительный завод. Однако Монич обратился к директору ХТИ с просьбой об «оставлении стипендиатом при институте для приготовления к профессорскому званию». В 1910



году его просьба была удовлетворена. С 1911 по 1913 год В. В. Монич находится в служебной командировке в Германии, где в 1912 году публикует две работы по вопросам паровозостроения: «Прямоточная паровая машина» и «Теоретическое исследование паровозных тележек со стороны возвращающей силы». В 1913 году Василий Васильевич зачислен в штат ХТИ преподавателем. В 1915 году он в Киевском политехническом институте защищает диссертацию на звание адъюнкта по прикладной механике по отделу паровозов. С 1917 года В. В. Монич преподает в ХТИ курс «Эксплуатация паровозов». В 1918 году он становится доцентом ХТИ, а в июле 1920 года – профессором, заведующим кафедрой паровозов.\* В. В. Монич скончался в 1929 году, с этого момента кафедрой паровозостроения заведует профессор П. М. Мухачев, который занимает этот пост до своей смерти в 1935 году. После него заведующим кафедрой становится С. М. Куценко.

В годы Великой Отечественной войны, когда С. М. Куценко был на фронте кафедру паровозостроения возглавляет выпускник ХММИ доцент Давид Лейбович Чернявский (1907 – 1986). В 1960-е годы сферой научных интересов Д. Л. Чернявского стали расчеты на прочность оболочковых кузовов тепловозов. По разработанным им методикам были рассчитаны кузова тепловозов ТЭ10, ТЭ109, 2ТЭ121, 2ТЭ136 и др. Работал в институте до 1986 года.

1950 – 1970-е годы стали периодом бурного развития тепловозостроения в СССР. Лидером в создании тепловозов становится ХЗТМ. Соответственно на кафедре паровозостроения ХПИ происходит становление актуального научно-учебного направления – тепловозостроения. В 1955 году кафедра переименовывается в кафедру локомотивостроения. Под руководством С. М. Куценко создаются программы новых курсов «Теория и конструкция тепловоза», «Динамика тепловозов», «Поршневые двигатели» и др., которые утверждаются Министерством высшего образования СССР в качестве базовых для подготовки инженеров-тепловозостроителей.

---

\* Точных дат организации кафедры паровозостроения, а также начала и окончания деятельности В. В. Монича как заведующего кафедрой пока установить не удалось.



## *Петр Матвеевич Мухачев*

(1861 – 1935)

Родился 27 февраля 1861 в Санкт-Петербурге. В 1883 году окончил Санкт-Петербургский технологический институт и был направлен в Пермскую губернию, где работал механиком на Нижне-Тагильском заводе П. П. Демидова до 1887 года. Параллельно, с 1884 года он преподавал механику в Нижне-Тагильском реальном училище. В 1887 году П. М. Мухачев переехал в Харьков

и был принят на должность преподавателя черчения в Харьковский технологический институт.

В 1888 году П. М. Мухачев впервые посетил ряд зарубежных предприятий, после чего приступил к чтению курса "Заводские машины и гидротехнические сооружения". В 1890 году он был назначен адъюнкт-профессором по кафедре механической технологии и получил 5-месячную заграничную командировку для изучения паровозостроения.

С 1895 года П. М. Мухачев состоял профессором на кафедре прикладной механики ХТИ, читал курс лекций по теории и устройству паровозов. В 1896 году он был назначен исполняющим обязанности директора ХТИ. С 1899 по 1902 год и в 1904 году исполнял обязанности секретаря учебного комитета ХТИ. В 1905 году он был избран директором ХТИ. Исполнял эту должность до 1906 года, а затем с 1910 по 1917 год. В 1907 году П. М. Мухачев представлял ХТИ на XV совещательном съезде инженеров службы подвижного состава и тяги. В 1908 году ученый изучал производство заводов Германии, Франции, Бельгии, Англии, а в 1910 году посетил паровозные и машиностроительные отделы Брюссельской выставки.

После революции 1917 года П. М. Мухачев работал сверхштатным профессором в ХТИ (1923). С 1925 по 1929 год он был назначен директором Украинского института металлов; в то же время был заведующим научно-исследовательской кафедрой механической технологии металлов при ХТИ и секцией горячей обработки металлов (1929).



## *Сергей Митрофанович Куценко*

(1907 – 1992)

Родился 14 октября 1907 года в городе Славянск (сейчас Донецкая область) в семье паровозного машиниста, впоследствии начальник депо Харьков-Сортировочная. После окончания в 1929 г. Харьковского транспортно-тягового института (ХТТИ, ныне Национальная академия железнодорожного транспорта) работал конструктором на Харьковском паровозостроительном заводе.

В 1931 – 1933 гг. обучался в аспирантуре кафедры «Паровозы» ХТТИ (руководитель – профессор П. М. Мухачев). В 1934 году С. М. Куценко защитил кандидатскую диссертацию и в 1935 году после смерти П. М. Мухачева был назначен заведующим кафедрой паровозостроения ХММИ, которую возглавлял почти 55 лет. Одновременно с этим он работал в ХИИТ в качестве доцента кафедры «Паровозы».

С января 1942 года по февраль 1946 С. М. Куценко служил в железнодорожных войсках. Участник боевых действий Великой Отечественной войны, награжден двумя орденами и медалью. В эти годы обязанности заведующего кафедрой паровозостроения исполнял доцент Д. Л. Чернявский.

Коллектив кафедры, возглавляемой Сергеем Митрофановичем, участвовал в создании и налаживании производства тепловозов ТЭЗ, ТЭ7, ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭП10Л, М62 и др. Следует отметить, что пассажирский тепловоз ТЭ7 является первым отечественным скоростным тепловозом с пневматическим рессорным подвешиванием.

Профессор С. М. Куценко – автор более 140 научных трудов, он подготовил 35 кандидатов и 5 докторов наук. В 1982 году Сергей Митрофанович был удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки Украинской ССР». Оставив заведование кафедрой, он не порывал связи с ХПИ до самой своей кончины 10 июля 1992 года.

Преподавание специальных дисциплин опиралось на большую научно-исследовательскую работу, проводимую совместно с ХЗТМ по созданию тепловозов ТЭЗ и ТЭ7. Основные типы и параметры ходовых частей этих тепловозов были выбраны на основе теоретических, расчетных и экспериментальных работ, выполненных С. М. Куценко. В июне 1956 года он защитил докторскую диссертацию на тему «Исследования по динамике локомотивов», в которой на основе математического моделирования колебательных процессов конструкции тепловоза была получена новая концепция пространственного вписывания локомотива в кривые, явившая важным вкладом в теорию динамики взаимодействия локомотива с рельсами.

Многие выпускники кафедры тех лет стали руководителями ведущих предприятий отрасли. Так, на Луганском тепловозостроительном заводе в разные годы работали: Н. А. Турик (выпускник 1939 года) – главный конструктор, директор, Герой Социалистического труда; С. П. Филонов (1952) – главный конструктор; П. Н. Шевченко (1960) – главный инженер, кандидат технических наук, заслуженный машиностроитель Украины; К. П. Мищенко (1961) – главный конструктор, Лауреат Государственной премии Украины, Почетный железнодорожник Украины. На ХЗТМ имени Малышева трудились: В. Н. Зайончковский (1962) – главный конструктор по тепловозным дизелям, доктор технических наук, профессор, Лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный деятель науки и техники Украины; В. Н. Соболев (1960) – заместитель Генерального директора по научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе, кандидат технических наук, Лауреат Государственной премии, Заслуженный деятель науки и техники, Заслуженный изобретатель Украины.

В. А. Савин (1962) – доктор технических наук работал Генеральным директором Рижского вагоностроительного завода. Евстратов А. С. (выпускник 1955 г.) доктор технических наук многие годы был директором Всесоюзного научно-иссле-

довательского тепловозного института (ВНИТИ). Л. А. Михальчук (1963) – Почетный железнодорожник России, работал главным конструктором и Генеральным директором Людиновского тепловозостроительного завода.

Полученные теоретические положения нашли свое развитие в таких хозяйственных работах как «Опоры и связи кузова с тележками», «Пневматическое подвешивание», «Упругое опирание моторов на ось», «Обрезиненные колесные пары» и др. Одни результаты этих работ были внедрены на серийных тепловозах, другие нашли применение на опытных. В это время на кафедре организована отраслевая лаборатория локомотивостроения, которая в рамках хозяйственных договоров с Людиновским, Ворошиловградским (Луганским) и Коломенским тепловозостроительными заводами принимала участие в создании тепловоза ТЭМ7 для маневровой и горочной работы, магистральных грузовых тепловозов 2ТЭ10Л и 2ТЭ116, пассажирских ТЭП60 и ТЭП70, а также более десяти опытных тепловозов разных серий. В Министерство тяжелого машиностроения подаются предложения по созданию локомотива с атомным реактором, газотурбовоза и дизельтурбовоза на сжиженном газе.

На кафедре интенсивно ведется подготовка кадров высшей квалификации. Если с 1935 по 1953 год под руководством С. М. Куценко были защищены всего 4 кандидатских диссертации, то за период с 1962 по 1984 год подготовлено 35 кандидатов наук.

После ухода с поста заведующего С. М. Куценко в 1988 году кафедру локомотивостроения возглавил доцент В. Л. Добровольский, выпускник ХПИ 1960 года. Владислав Леонидович руководил кафедрой до 1993 года. Он много внимания уделял компьютеризации учебного процесса, оборудовав для этих целей кафедру современными для того времени персональными ЭВМ отечественного производства ДВК и «Искра». С 1993 года до ухода на пенсию в 1998 году, работал доцентом кафедры локомотивостроения.



С 1993 по 1998 год кафедрой руководил В. Г. Маслиев, также выпускник ХПИ 1960 года. Он начинал свою деятельность в отделе Главного конструктора Луганского тепловозостроительного завода, затем перешел в отраслевую лабораторию ХПИ. Научным направлением своей деятельности Вячеслав Георгиевич избрал динамику рельсового транспорта. В 1970 году он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование динамики упругой и жесткой систем подвешивания электродвигателей тепловозов на колесную пару», где теоретически и экспериментально доказал преимущества упругих приводов локомотивов. Результаты работы способствовали внедрению упругих приводов на тепловозах 2ТЭ116, 2ТЭ121, 2ТЭ126 др. Звание доцента по кафедре локомотивостроения получил 1977 году.

В. Г. Маслиев работал в тесной связи с ведущими тепловозостроительными заводами – ХЗТМ им. Малышева и ЛТЗ им. Октябрьской революции, помогая решать их конкретные насущные проблемы. В 1998 году он оставил пост заведующего кафедрой и сосредоточился на подготовке докторской диссертации, которую успешно защитил в 2002 году на тему «Научные основы выбора конструкторско-технологических параметров устройств для уменьшения износа бандажей колес локомотивов». В 2005 году ему присвоено ученое звание профессора. В 2009 году Вячеслав Георгиевич избран членом-корреспондентом Транспортной академии Украины. Он является автором более 100 публикаций, 15 авторских свидетельств, 2 патентов Украины, монографии «Динамика тепловозов с устройствами, уменьшающими износ бандажей колес» (2008).

С обретением Украиной независимости возникли большие проблемы для электрического железнодорожного транспорта. Из 22 тыс. км железных дорог Украины электрифицированными являются 44% и по ним осуществляется 85% перевозок. Своего производства электровозов Украина не имела – грузовые электро-

возы в СССР создавались на Новочеркасском и Тбилисском электровозостроительных заводах, пассажирские экспортировались из Чехословакии, электропоезда выпускал Рижский вагоностроительный завод. Специалистов по электровозам готовили в Московском, Ленинградском и Ростовском-на-Дону институтах инженеров железнодорожного транспорта, а также в Московском энергетическом и Новочеркасском политехническом институтах. В Украине Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта готовил только специалистов по электроснабжению.

Учитывая накопленный потенциал электротехнических факультетов и кафедр, руководство НТУ «ХПИ», приняло решение открыть на кафедре локомотивостроения специальность «Электрический транспорт» для подготовки бакалавров, специалистов и магистров по проектированию, созданию и эксплуатации, как подвижного состава, так и систем электроснабжения железных дорог. Начиная с 1998 года, кафедра стала готовить специалистов по двум специальностям: «Подвижной состав и специальная техника железнодорожного транспорта» и «Электрический транспорт» и была переименована в кафедру «Электрический транспорт и тепловозостроение». Заведующим кафедрой в марте 1998 года был избран доктор технических наук, профессор В. И. Омеляненко.

Виктор Иванович в 1966 году окончил ХПИ по специальности «Электрические машины и аппараты», работал инженером в бюро электромагнитных расчетов по проектированию электрических машин тепловозов НИИ завода «Электротяжмаш». После окончания аспирантуры ХПИ в 1973 году защитил кандидатскую диссертацию «Теоретическое и экспериментальное исследование «зебристости» коллектора машин постоянного тока предельной мощности», в ходе выполнения которой провел уникальные эксперименты на тяговом генераторе мощностью 2000 кВт тепловоза 2ТЭ10Л.

После этого В. И. Омеляненко занимается вопросами создания высокоскоростного магнитного транспорта с электродинамической левитацией. В сфере его научных интересов оказались системы электродинамического подвеса и направления, линейные электродвигатели и сверхпроводящие магнитные системы магнитолевитирующего транспорта, а также электромеханические накопители энергии. Под его руководством впервые в Советском Союзе был создан ряд сверхпроводящих магнитов для магнитолевитирующего транспорта, а также 14-метровый полномасштабный макет электромагнитной катапульты для разгона самолетов корабельного базирования. Результаты этих исследований публиковались в Англии, Германии, США, Японии. В 1985 и 1987 годах Виктор Иванович был награжден Серебряными медалями ВДНХ СССР.

В 1995 году В. И. Омеляненко в Институте электродинамики НАН Украины защитил докторскую диссертацию на тему «Теоретические основы проектирования линейных электромеханических преобразователей энергии со сверхпроводящими обмотками возбуждения», а в 1996 году получил звание профессора.

В. И. Омеляненко является автором монографий «Линейные двигатели постоянного тока с тиристорным коммутатором» (1994), «Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией» (2001), «Высокоскоростной электрический транспорт. Мировой опыт» (2007), а также автором более 100 научных статей и 21 авторского свидетельства на изобретения.

В настоящее время кафедрой электрического транспорта и тепловозостроения заведует доктор технических наук (2014), профессор (2016) Борис Григорьевич Любарский. Тема его докторской диссертации: «Теоретические основы для выбора и оценки перспективных систем электромеханического преобразования энергии электроподвижного состава».

## Список литературы

1. Ларин А. А. Исследования колебаний тепловозных силовых установок в Харьковском политехническом институте в 1960-е гг. / А. А. Ларин // Механіка та машинобудування. – 2009. – вип. 2. – С. 158–167
2. Омеляненко В. И. Кафедра электрического транспорта и тепловозостроения – правопреемница кафедр паровозостроения и локомотивостроения / В. И. Омеляненко, В. Г. Маслиев // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. Темат. вып.: Транспортное машиностроение. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – № 47. – С. 164–179
3. Раков В. А. Локомотивы отечественных железных дорог (1845 – 1955) / В. А. Раков. – М.: Транспорт, 1995. – 564 с.
4. Раков В. А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1956 – 1965) / В. А. Раков. – М.: Транспорт, 1966. – 248 с.
5. Раков В. А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1966 – 1975) / В. А. Раков. – М.: Транспорт, 1979. – 213 с.
6. Раков В. А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1976 – 1985) / В. А. Раков. – М.: Транспорт, 1990. – 238 с.
7. Слащев В. А. Локомотив: рождение и эволюция: монография / В. А. Слащев. – Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2011. – 236 с.
8. Факультет транспортного машиностроения национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (к 50-летию основания). История. Достижения. Перспективы / ред. кол.: В. В. Епифанов, Д. О. Волонцевич, А. П. Марченко и др. – Х.: Планета-принт, 2015. – 136 с.
9. ХПЗ – Завод имени Малышева. 1895-1995. Краткая история развития / [ А. В. Быстриченко, Е. И. Добровольский, А. П. Дроботенко и др. ]. – Х.: Прапор. – 1995. – 792 с.

Навчальне видання

ЛАРІН Андрій Олексійович

ІВАНОВ Лев Вадимович

**Історія розвитку локомотивобудування**

навчальний посібник

російською мовою

В авторській редакції

Роботу до видання рекомендував Д. В. Бреславський

Підп. до друку 07.11.19. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Riso-друк. Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 5,6.

Ціна договірна